C. PICOŞ
GH. COMAN
OCT. PRUTEANU
V. BADEA

TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI

PROBLEME

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI — 1976

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. ing. C. PICOȘ
Dr. ing. GH. COMAN
Dr. ing. OCT. PRUTEANU
Dr. ing. V. BADEA

TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI

—PROBLEMĖ—

Hatrudan Victor
28-11-1981

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI

PREFAȚĂ

Tehnologia construcțiilor de mașini este știința care se ocupă cu studierea metodelor de prelucrare mecanică, pentru a asigura obținerea pieselor de mașini la condițiile tehnice prestabilite, cu cheltuieli minime de muncă vie și materializată; este deci o știință de graniță între științele tehnice și cele economice, fiind prin excelență o știință de sinteză.

Tehnologia construcției de mașini a apărut mai tîrziu ca știință, în condițiile trecerii la marea producție de mărfuri industriale, însă, dezvoltarea ei ulterioară a căpătat un ritm deosebit de ridicat. Astfel, dacă se estimează că ritmul general de dezvoltare a științei are o rată de dublare de 10 ani, volumul de cunoștințe în domeniul tehnologiei construcției de mașini are rata de dublare de 2 ... 3 ani. În aceste condiții, fără îndoială că și metodele de transmitere a cunoștințelor în domeniu trebuie adaptate la acest ritm deosebit de ridicat al ratei de dublare a volumului de cunoștințe. De aici și greutățile în elaborarea unei lucrări în domeniul tehnologiei construcției de mașini, care să corespundă unor diverse cerințe teoretice și practice, privite de pe poziții diferite de către cei care o consultă.

Perioada actuală se caracterizează prin creșterea aportului științei și tehnologiei la dezvoltarea economico-socială a țării. În domeniul tehnologiilor se pune un accent din ce în ce mai mare pe modernizarea și perfecționarea acestora, pe ridicarea parametrilor calitativi ai produselor.

Pe lîngă introducerea de tehnologii noi și modernizarea celor existente, o atenție deosebită trebuie acordată respectării acestora cu strictețe prin organizarea pe baze științifice a producției și a muncii.

Stabilirea unor condiții tehnice judicioase încă în faza de proiectare reprezintă garanția că produsele vor satisface integral condițiile de funcționare. Această etapă în realizarea produsului este necesară și se poate materializa numai prin cunoașterea precisă a problemelor pe care le ridică știința tehnologiei con-

strucției de mașini, dar nu este însă suficientă. Trebuie ca și în faza de execuție a produsului să fie cunoscute perfect aspectele teoretice și practice ale prelucrării mecanice, cu implicațiile lor asupra calității produsului.

În acest scop în lucrare (prima de acest fel în țara noastră) sînt sintetizate, prin probleme, principalele capitole ale științei tehnologiei construcției de mașini, corelate cu recente cuceriri ale științei și tehnicii în acest domeniu, a căror cunoaștere corectă este necesară pentru desfășurarea unei activități competente în cercetare, proiectare, exploatare și mai ales execuție în construcția de mașini.

Lucrarea se adresează studenților din Învățămîntul superior tehnic, facultățile cu profil mecanic, ca material aplicativ pentru înțelegerea noțiunilor teoretice predate la disciplina Tehnologia construcției de mașini. Conținînd exemple și date practice de specialitate lucrarea constituie un ajutor prețios pentru inginerii tehnologi din întreprinderile constructoare de mașini, precum și pentru profesorii de la liceele de specialitate.

AUTORII

CUPRINS

Prefața. 7

Cap. 1. **Precizia prelucrării mecanice** 7
1.1. Introducere 7
1.2. Influența erorilor geometrice a mașinilor-unelte asupra preciziei prelucrării mecanice 7
1.3. Influența deformațiilor elastice ale sistemului tehnologic asupra preciziei de prelucrare mecanică 12
1.4. Influența deformațiilor termice ale elementelor sistemului tehnologic asupra preciziei de prelucrare 21
1.5. Influența uzurii sculei așchietoare asupra preciziei prelucrării mecanice 26
1.6. Influența erorilor de reglare la dimensiunea de lucru asupra preciziei de prelucrare 31
1.6.1. Reglarea sistemelor tehnologice în cazul prelucrării pe mașini-unelte semiautomate și automate 33

Cap. 2. **Instalarea semifabricatelor pentru prelucrarea mecanică** 92
2.1. Introducere 92
2.2. Influența erorilor de instalare asupra preciziei de prelucrare mecanică 101

Cap. 3. **Aplicații ale calculului probabilităților și statisticii matematice în tehnologia construcției de mașini** 135
3.1. Introducere 135
3.2. Aplicații ale calculului probabilităților și distribuțiilor discrete în tehnologia construcției de mașini 144
3.3. Aplicații ale distribuțiilor variabilelor aleatoare continue în tehnologia construcției de mașini 154

Cap. 4. **Calitatea suprafețelor prelucrate** 176
4.1. Introducere 176
4.2. Influența geometriei sculei așchietoare și a parametrilor regimului de așchiere asupra rugozității suprafețelor prelucrate 176

Cap. 5. **Elaborarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică** 185
5.1. Introducere 185
5.2. Determinarea succesiunii operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică și a metodelor de prelucrare mecanică 187

Cap. 6. **Normarea tehnică în construcția de mașini** 233
6.1. Introducere 233
6.2. Evaluarea productivității metodelor de prelucrare mecanică 234
6.3. Determinarea eficienței tehnico-economice a variantelor tehnologice de prelucrare mecanică 248

Cap. 7. **Asamblarea în construcţia de maşini** 252
7.1. Introducere 252
7.2. Metoda interschimbabilităţii totale 255
7.3. Metoda interschimbabilităţii parţiale 276
7.4. Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni prin metoda asamblării selective sau a sortării 284
7.5. Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni prin metoda reglării 287
7.6. Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni prin metoda ajustării 296

Cap. 8. **Programarea numerică pe maşini-unelte** 306
8.1. Introducere 306
8.2. Sisteme de coordonate pentru maşinile-unelte cu comandă numerică 307
8.3. Pregătirea şi înregistrarea programelor numerice manuale 309
8.4. Elaborarea programării numerice asistate 317
8.4.1. Caracteristicile limbajului APT 322
8.4.2. Limbajul EXAPT. Caracteristici 327
8.4.3. Limbajul 1 FAPT. Caracteristici 328
8.5. Exemple de programări pe maşini-unelte cu comenzi numerice 330

Bibliografie 334

CAPITOLUL 1

PRECIZIA PRELUCRĂRII MECANICE

1.1. Introducere

Prin *precizie de prelucrare* se înțelege gradul de apropiere a dimensiunilor, formei geometrice și poziției reciproce a suprafețelor prelucrate față de valorile lor nominale indicate în desen.

Prelucrarea pe mașini-unelte este însoțită de *abateri (erori)* ale parametrilor care caracterizează precizia de prelucrare, abateri (erori) care apar sub influența mai multor factori, cum ar fi: precizia geometrică a elementelor sistemului tehnologic, uzura elementelor sistemului tehnologic, deformațiile elastice și termice ale elementelor sistemului tehnologic, reglarea la dimensiune a sculelor așchietoare, vibrațiile elementelor sistemului tehnologic.

În timpul prelucrării mecanice prin așchiere factorii menționați pot acționa fie asupra tuturor parametrilor care determină precizia de prelucrare (dimensiuni, formă, poziție reciprocă a suprafețelor), fie numai asupra unuia sau unora dintre ei.

1.2. Influența erorilor geometrice a mașinilor-unelte asupra preciziei prelucrării mecanice

1. Pe un strung SN 400 cu distanța între ghidaje de 500 mm trebuie să se prelucreze o piesă la diametrul de $50 \pm 0{,}05$ mm. Care este abaterea diametrului piesei prelucrate dacă din fabricație există o înclinare transversală a ghidajelor strungului de 0,05 mm? Se pot prelucra piesele pe acest strung?

Rezolvare. Datorită înclinării transversale a ghidajelor strungului, poziția cuțitului va fi ca în figura 1.1 producînd o abatere de la diametrul piesei care se prelucrează, dată de relația:

$$\Delta D = 2\delta \frac{H}{B}.$$

Din datele problemei: $H = 400$ mm; $B = 500$ mm și $\delta = 0{,}05$ mm, deci:

$$\Delta D = 2\delta \frac{H}{B} = 2 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{400}{500} = 0{,}08 \text{ mm}.$$

Dacă nu se iau în considerare și alți factori care pot influența precizia dimensională, abaterea diametrală a piesei se încadrează în cîmpul de toleranță dat prin problemă și piesele se pot prelucra.

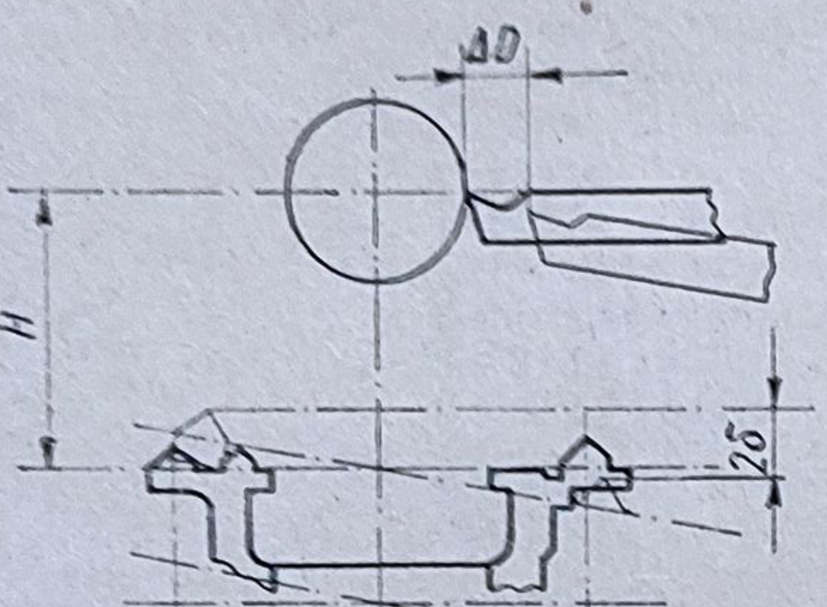


Figura 1.1

2. După prelucrarea unui lot de piese pe un strung SN 320 cu distanța între ghidaje de 400 mm, diametrele rezultate se încadrează în $40 \pm 0{,}08$ mm. Considerînd că asupra preciziei dimensionale influențează numai înclinarea transversală a ghidajelor strungului, să se calculeze această abatere.

Rezolvare. Înclinarea ghidajelor strungului se stabilește din relația:

$$\delta = \frac{\Delta D \cdot B}{2 \cdot H}.$$

Din datele problemei $\Delta D = 0{,}16$ mm; $H = 320$ mm și $B = 400$ mm, atunci:

$$\delta = \frac{0{,}16 \cdot 400}{2 \cdot 320} = 0{,}1 \text{ mm}.$$

3. Se prelucrează prin strunjire o piesă cu diametrul $d = 50$ mm și lungimea de 100 mm. Pentru că ghidajele strungului, pe lungimea ce se prelucrează piesa, au o deplasare în plan vertical de 0,5 mm să se stabilească: forma piesei și abaterea maximă la rază a piesei.

Rezolvare. Pentru că ghidajele strungului au o înclinare în plan vertical de 0,5 mm, traiectoria sculei așchietoare se va deplasa în plan vertical cu aceeași cantitate.

a) Forma piesei prelucrate rezultă din figura 1.2.

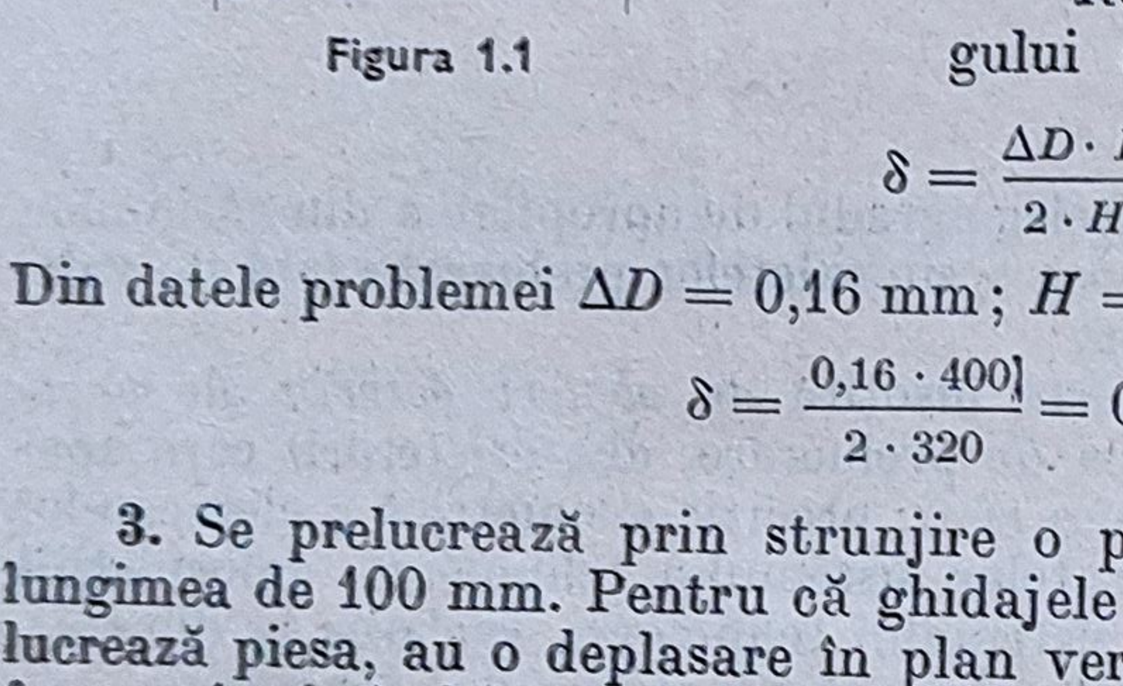


Figura 1.2

Se consideră piesa într-un sistem de axe xyz. Traiectoria normală a vîrfului sculei este dreapta AB. Datorită înclinării ghidajelor în plan vertical traiectoria reală a vîrfului sculei va fi AC. Pentru stabilirea formei piesei se consideră secțiunea la distanța x de origine. Raza piesei în origine este $r_0 = 25$ mm. În secțiunea x a piesei raza DF se determină din triunghiul DEF:

$$FD^2 = DE^2 + EF^2$$

$$DE = OA = r_0.$$

Dacă se consideră unghiul de înclinare a traiectoriei sculei în plan vertical α,

$$EF = x \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

în care,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{l}.$$

În aceste condiții:

$$FD = r = \sqrt{r_0^2 + x^2 \frac{b^2}{l^2}}.$$

Dacă se consideră raza r variabilă și se notează cu y relația de mai sus se poate scrie:

$$y^2 = r_0^2 + \frac{x^2}{\frac{l^2}{b^2}} \quad \text{sau} \quad \frac{y^2}{r_0^2} - \frac{x^2}{r_0^2 \frac{l^2}{b^2}} = 1.$$

Se observă lesne că este ecuația unei hiperbole care în mișcare de rotație dă naștere unui hiperboloid.

b) Abaterea maximă are loc pentru $x = l$.

Dacă abaterea la rază se determină cu relația:

$$\Delta r = r - r_0 = \sqrt{r_0^2 - x^2 \frac{b^2}{l^2}} - r_0$$

atunci abaterea maximă va fi:

$$\Delta r_{max} = \sqrt{r_0^2 - b^2} - r_0$$

sau,

$$\Delta r_{max} = \frac{b^2}{2 \cdot r_0} \text{ (în cazul că se neglijează } \Delta r^2).$$

Ținînd seama de datele problemei:

$$\Delta r_{max} = \frac{0{,}5^2}{2 \cdot 25} = 0{,}005 \text{ mm}.$$

4. Care este deplasarea în plan vertical a ghidajelor unui strung dacă la prelucrarea unei piese cu $d = 40$ mm și $l = 120$ mm se constată o abatere maximă a razei piesei de 0,01 mm produsă numai de deplasarea în plan vertical a ghidajelor?

R = 0,632 mm.

5. Cît de mare este abaterea la rază dacă pe un strung se prelucrează o piesă cu $d = 46$ mm și $l = 80$ mm dacă traiectoria vîrfului cuțitului are o deplasare în plan vertical de 0,7 mm și simultan în plan orizontal de 0,2 mm pe toată lungimea piesei?

R = 0,21 mm.

6. Care este abaterea maximă a razei dacă se prelucrează o suprafață conică cu $d = 30$ mm; $D = 40$ mm și $l = 75$ mm, în cazul că traiectoria vîrfului cuțitului se deplasează simultan în planele vertical și orizontal cu 0,5 mm și respectiv 0,1 mm?

Rezolvare. Piesa conică se consideră într-un sistem de axe de coordonate *xyz*. Pentru prelucrarea suprafeței conice cu unghiul la vîrf 2α traiectoria

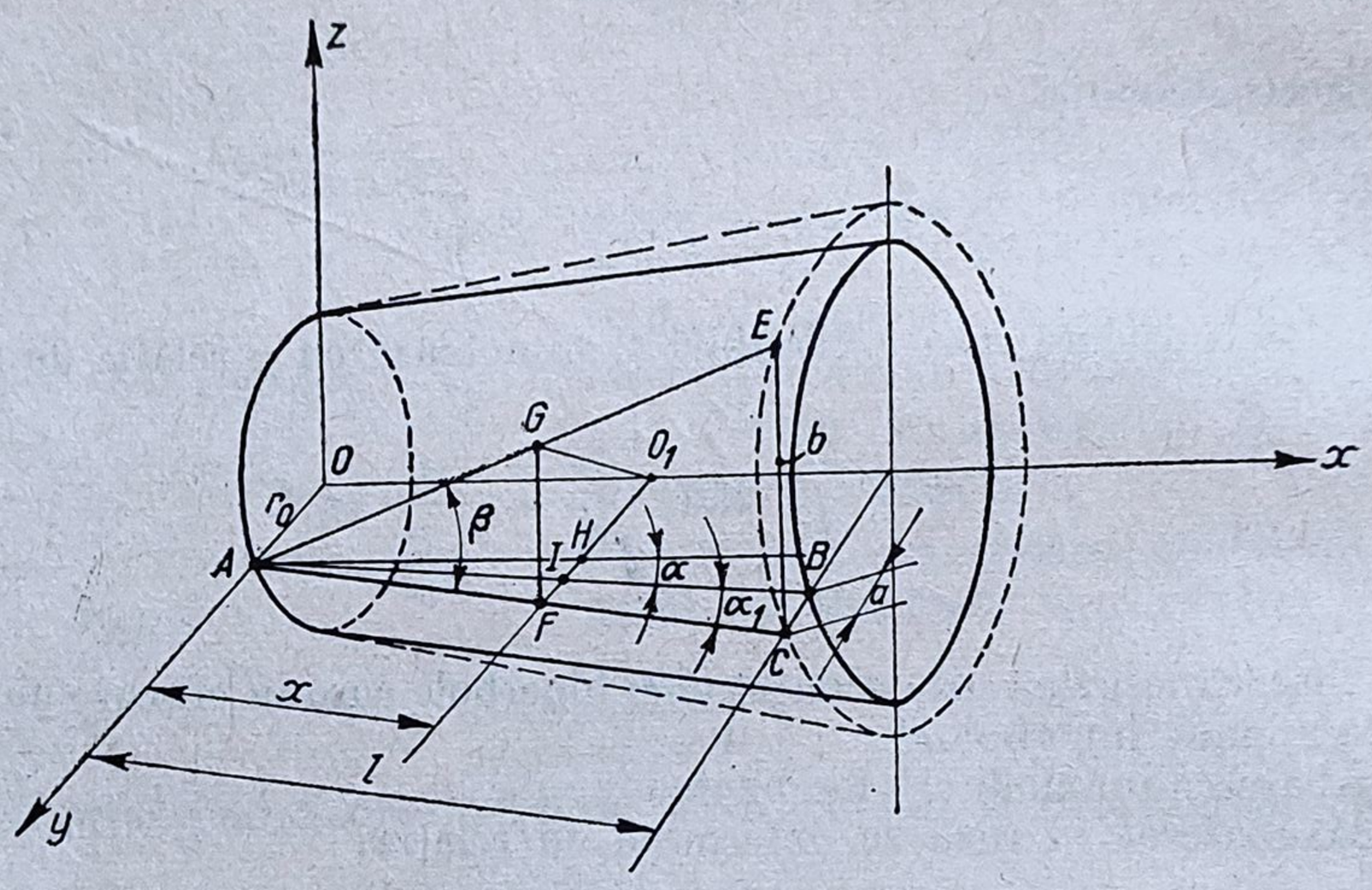


Figura 1.3

normală a sculei trebuie să fie dreapta AB, (fig. 1.3). Datorită deplasării în plan orizontal cu a și în plan vertical cu b, traiectoria reală a sculei va fi AE.

Pentru determinarea abaterii maxime se consideră o secțiune oarecare x în care raza r a piesei este segmentul O_1G. Din triunghiul dreptunghic O_1GF se scrie:

$$O_1G^2 = O_1F^2 + FG^2$$

$$O_1F = O_1H + HI + IF$$

$O_1H = r_0$; $HI = x \cdot \operatorname{tg}\alpha$; $IF = x \cdot \operatorname{tg}\ \alpha_1$ în care α_1 este unghiul conicității suplimentare date de deplasarea traiectoriei cuțitului în plan orizontal cu a.

Deci,

$$O_1F = r_0 + x(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\alpha_1)$$

$FG = x \cdot \operatorname{tg}\beta$, în care β este unghiul făcut de traiectoria reală AE cu traiectoria AC la deplasarea numai în plan orizontal.

În baza relațiilor determinate, raza piesei în secțiunea x se poate scrie,

$$O_1G = r = \sqrt{[r_0 + x(\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\alpha_1)]^2 + x^2 \operatorname{tg}^2\beta}$$

Pentru $x = l$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{a}{l}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{b}{l}$$

și atunci,

$$r = \sqrt{\left[r_0 + l\left(\operatorname{tg}\alpha + \frac{a}{l}\right)\right]^2 + l^2\frac{b^2}{l^2}}.$$

Abaterea maximă la rază va fi:

$$\Delta r_{max} = r - (r_0 + l \cdot \operatorname{tg}\alpha),$$

$$\Delta r_{max} = \sqrt{(r_0 + l \cdot \operatorname{tg}\alpha + a)^2 + b^2} - (r_0 + l \cdot \operatorname{tg}\alpha).$$

Prin înlocuirea datelor problemei se determină:

$$r_0 = \frac{d}{2} = 15 \text{ mm}; \quad l = 75 \text{ mm}; \quad \operatorname{tg}\alpha = \frac{D-d}{2 \cdot l} = \frac{40-30}{2 \cdot 75}; \quad a = 0{,}1 \text{ mm};$$

$b = 0{,}5$ mm

$$\Delta r_{max} = \sqrt{\left(15 + 75\,\frac{40-30}{2 \cdot 75} + 0{,}1\right)^2 + 0{,}5^2} - \left(15 + 75\,\frac{40-30}{2 \cdot 75}\right) = 0{,}106 \text{ mm}$$

7. Neperpendicularitatea între planul mesei magnetice la o mașină de rectificat plan și axa arborelui este de 0,025 mm pe o lungime de 100 mm. Care este neparalelismul suprafețelor plane ce rezultă la prelucrarea unei piese cu diametrul $d = 30$ mm? Dacă abaterea admisibilă la paralelism pentru piesă este de 0,015 mm se pot prelucra asemenea piese pe mașină?

R = 0,0075 mm; da

8. Să se determine limitele distanței L între centrele a două găuri vecine și ale distanței l între găuri, reprezentînd grosimea peretelui (fig. 1.4, *a*), pentru cazul cînd măsurarea se face cu șublerul. Precizia poziției găurilor este de 0,05 mm.

Rezolvare. Pentru că precizia amplasării găurilor dată în desen este de 0,05 mm, abaterea poziției centrului fiecărei găuri față de poziția lui teoretică, în orice direcție, nu trebuie să depășească 0,05 mm, adică centrul fiecărei găuri trebuie să se găsească în interiorul unui cerc cu raza $r = 0{,}05$ mm.

Distanța teoretică între centrele a două găuri vecine (fig. 1.4, *b*), este egală cu latura exagonului înscris:

$$AB = R = 70 \text{ mm}$$

Din figura 1.4, *b* se obține:

$$L_{max} = CF = CA + AB + BF = r + R + r = 0{,}05 + 70 + 0{,}05 = 70{,}1 \text{ mm}$$

$$L_{min} = DE = AB - AD - BE = R - r - r = 70 - 0{,}05 - 0{,}05 = 69{,}9 \text{ mm}$$

La precizia impusă poziției a două găuri de 0,05 mm, distanța între centrele lor poate varia cu:

$$\Delta L_{max} = L_{max} - L_{min} = 70{,}1 - 69{,}9 = 0{,}2 \text{ mm}.$$

În cazul unui diametru maxim al găurilor prelucrate $d_{max} = 8$ mm și al unei distanțe minime între centre, $L_{min} = 69{,}9$ mm, distanța minimă între găuri (grosimea minimă a peretelui) este egală cu:

$$l_{min} = L_{min} - 2\frac{d_{max}}{2} = 69{,}9 - 8 = 61{,}9 \text{ mm}.$$

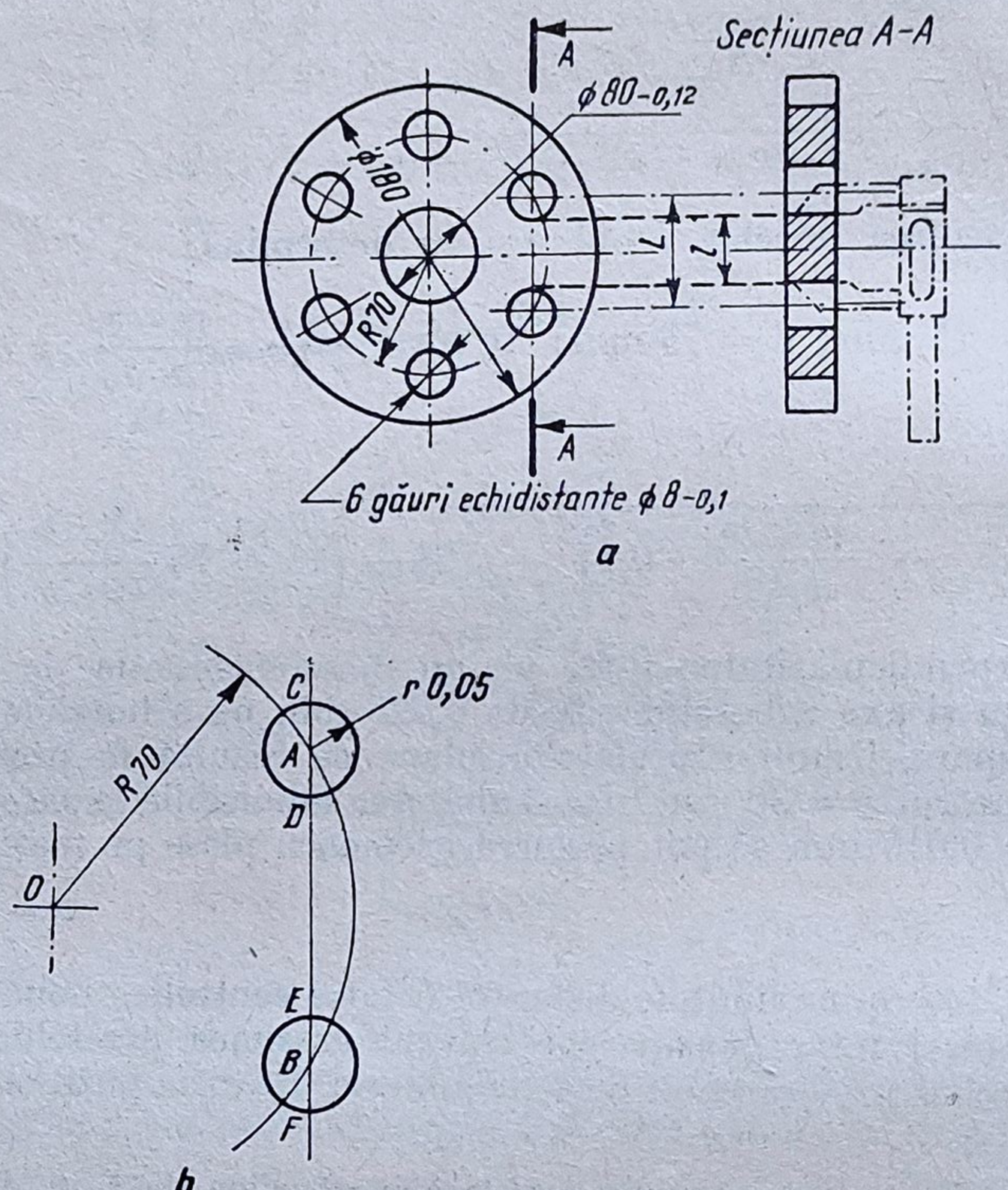


Figura 1.4

Grosimea maximă a peretelui se obține în cazul diametrului minim al ambelor găuri prelucrate și a distanței maxime între centrele lor, astfel:

$$l_{max} = L_{max} - 2\frac{d_{min}}{2} = 70{,}1 - 7{,}9 = 62{,}2 \text{ mm}.$$

Distanța măsurată cu șublerul poate varia între:

$$\Delta l = l_{max} - l_{min} = 62{,}2 - 61{,}9 = 0{,}3 \text{ mm}.$$

1.3. Influența deformațiilor elastice ale sistemului tehnologic asupra preciziei de prelucrare mecanică

Sub acțiunea forțelor care se formează în procesul de lucru elementele sistemului tehnologic tind să se deformeze.

Capacitatea sistemului tehnologic de a se opune deformațiilor produse de forțele care iau naștere în procesul de lucru, se numește *rigiditate a siste-*

mului tehnologic. Rigiditatea sistemului tehnologic este definită ca raport între suma forțelor rezultate în procesul de așchiere care se găsesc într-un plan normal la suprafața prelucrată, paralel cu planul de bază și deformația sistemului tehnologic măsurată pe normala la suprafață cuprinsă în același plan.

Astfel relația de calcul a rigidității este:

$$J = \frac{P_y}{y} \tag{1.1}$$

în care J este rigiditatea sistemului tehnologic, în N/m; P_y — componenta radială a forței totale de așchiere, în N; y — deformația radială a sistemului tehnologic, în m.

Datorită rigidității diferite a elementelor sistemului tehnologic, în timpul prelucrării prin așchiere pot să apară atît abateri dimensionale cît și abateri de formă a pieselor prelucrate.

La prelucrarea cu o singură sculă, cu prinderea piesei în universal va rezulta:

— abaterea dimensională:

$$2\Delta y = 2\,(C_{max}\, t_{r\cdot max}^{x_p} - C_{min}\, t_{r\cdot min}^{x_p}) \left(\frac{1}{J_p} + \frac{1}{J_s}\right) \tag{1.2}$$

— abaterea de formă:

$$\Delta f = C_{max}\, t_{r\cdot max}^{x_p} \left(\frac{1}{J_{p\cdot min}} + \frac{1}{J_{s\cdot min}}\right) - \left(\frac{1}{J_{p\cdot max}} + \frac{1}{J_{s\cdot max}}\right). \tag{1.3}$$

La prelucrarea cu o singură sculă cu prinderea piesei între vîrfuri abaterea dimensională se determină cu relația

$$2\Delta y = 2\,(C_{max}\, t_{r\cdot max}^{x_p} - C_{min}\, t_{r\cdot min}^{x_p}) \left[\frac{\left(\frac{L-x}{L}\right)^2}{J_{pf}} + \frac{\left(\frac{x}{L}\right)^2}{J_{pm}} + \frac{1}{J_{sup}} + \right.$$

$$\left. + \frac{x^2(L-x)^2}{3\,EIL}\right] \tag{1.4}$$

în care:

C_{min}, C_{max} sînt valorile limită ale constantei care depinde de natura materialului care se prelucrează;
$t_{r\cdot min}, t_{r\cdot max}$ — valorile limită ale adîncimii de reglare a sculei;
J_p — rigiditatea subansamblului păpușii fixe și semifabricatului;
J_s — rigiditatea subansamblului sculei așchietoare;
J_{pf} — rigiditatea păpușii fixe;
J_{pm} — rigiditatea păpușii mobile;
J_{sup} — rigiditatea suportului port sculă;
L — lungimea piesei;
E — modulul de elasticitate longitudinal;
I — momentul de inerție al piesei;
x — o secțiune oarecare față de păpușa fixă;
x_p — exponentul adîncimii de așchiere.

La prelucrarea prin rectificare cu avans longitudinal, cu lățimea discului abraziv suficient de mică, se poate considera că forța P_y de așchiere este concentrată. Pentru că prelucrarea se execută din mai multe treceri, fiecare cu aceeași adîncime de reglare a sculei (avansul de pătrundere, în mm/cursă sau mm/c.d), adîncimea de așchiere remanentă, cu ajutorul căreia se determină abaterea de formă a piesei, Δf, se calculează, pentru trecerea n, cu relația:

$$t_{rem \cdot n} = \frac{A(A^n - 1)}{A - 1} t_r, \tag{1.5}$$

în care A reprezintă paranteza mare din relația (1.4) unde în locul J_{sup} se introduce J_d — rigiditatea suportului discului abraziv al mașinii de rectificat, iar n este numărul de treceri și t_r — adîncimea reală de așchiere.

9. Să se determine cîmpul de dispersie și abaterea de formă la prelucrarea unui lot de arbori cu prinderea în universal cunoscînd următoarele caracteristici ale sistemului tehnologic: $C_{min} = 100$; $C_{max} = 130$; $t_{r \cdot min} = 2$ mm; $t_{r \cdot max} = 4$ mm; $x_p = 0{,}9$; $J_p = 500$ daN/mm; $J_{p \cdot min} = 450$ daN/mm; $J_{p \cdot max} = 520$ daN/mm; $J_s = 800$ daN/mm; $J_{s \cdot min} = 740$ daN/mm; $J_{s \cdot max} = 880$ daN/mm.

Rezolvare. Folosind relația (1.2) se determină:

$$2\Delta y = 2(130 \cdot 4^{0,9} - 100 \cdot 2^{0,9})\left(\frac{1}{500} + \frac{1}{800}\right) = 1{,}729 \simeq 1{,}73 \text{ mm}.$$

Abaterea de formă se determină cu relația (1.3):

$$\Delta f = 130 \cdot 4^{0,9}\left[\left(\frac{1}{450} + \frac{1}{740}\right) - \left(\frac{1}{520} + \frac{1}{880}\right)\right] = 0{,}145 \text{ mm}.$$

10. Care este cîmpul de dispersie al dimensiunilor la prelucrarea unui lot de piese pe un strung cu prinderea în universal, cunoscînd următoarele elemente ale sistemului tehnologic: $C_{min} = 75$; $C_{max} = 115$; $t_{r \cdot min} = 2{,}5$mm; $t_{r \cdot max} = 3{,}5$ mm; $x_p = 1$; $J_{sist} = 500$ daN/mm; $J_p = 900$ daN/mm.

Rezolvare. $\frac{1}{J_{sist}} = \frac{1}{J_p} + \frac{1}{J_s}$; $\frac{1}{J_s} = \frac{1}{J_{sist}} - \frac{1}{J_p}$;

$$\frac{1}{J_s} = 0{,}002 - 0{,}0011, \text{ de unde } J_s = 1110 \text{ daN/mm}.$$

Cîmpul de dispersie:

$$2\Delta_y = 2(115 \cdot 3{,}5 - 75 \cdot 2{,}5)\left(\frac{1}{900} + \frac{1}{1\,110}\right) = 0{,}86 \text{ mm}.$$

11. Care este eroarea de prelucrare care se obține la prelucrarea prin rectificare cu avans longitudinal a unui arbore cu $d = 40$ mm și $L = 120$ mm, cunoscînd că se execută 6 treceri, iar sistemul tehnologic este caracterizat prin următoarele elemente: $t_r = 0{,}01$ mm; $J_{pf} = 800$ daN/mm; $J_{pm} = 300$ daN/mm; $J_d = 450$ daN/mm; $E = 2 \cdot 10^4$ daN/mm^2.

Să se reprezinte grafic profilul suprafeței prelucrate.

Rezolvare. Cunoscînd că eroarea de prelucrare este dată de adîncimea de așchiere remanentă pe suprafața piesei, se poate determina aplicînd relația (1. 5) în care:

$$A = \frac{\left(\frac{(L-x)}{L}\right)^2}{J_{pf}} + \frac{\left(\frac{x}{L}\right)^2}{J_{pm}} + \frac{1}{J_d} + \frac{x^2(L-x)^2}{3EIL}.$$

Întrucît se cere și reprezentarea grafică a formei suprafeței prelucrate, se va determina A pentru mai multe valori date lui x, cu alte cuvinte pentru diferite secțiuni începînd de la un capăt al piesei.

Momentul de inerție al piesei va fi:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 40^4}{64} = 125\,600 \text{ mm}^4.$$

Valorile lui A vor fi:

— pentru $x = 0$ $A = 0{,}00347$

— pentru $x = 20$ mm $A = 0{,}00429$

— pentru $x = 40$ mm $A = 0{,}00474$

— pentru $x = 60$ mm $A = 0{,}00508$

— pentru $x = 80$ mm $A = 0{,}00528$

— pentru $x = 100$ mm $A = 0{,}00536$

— pentru $x = 120$ mm $A = 0{,}00555$.

Utilizînd relația (1.5) în care $n = 6$, eroarea de prelucrare va fi:

— pentru $x = 0$; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00347(0{,}00347^6 - 1)}{0{,}00347 - 1} 0{,}01 = 0{,}000034$ mm;

— pentru $x = 20$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00429(0{,}00429^6 - 1)}{0{,}00429 - 1} 0{,}01 = 0{,}000043$ mm;

— pentru $x = 40$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00474(0{,}00474^6 - 1)}{0{,}00474 - 1} 0{,}01 = 0{,}000047$ mm;

— pentru $x = 60$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00508(0{,}00508^6 - 1)}{0{,}00508 - 1} 0{,}01 = 0{,}000051$ mm;

— pentru $x = 80$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00528(0{,}00528^6 - 1)}{0{,}00528 - 1} 0{,}01 = 0{,}000053$ mm;

— pentru $x = 100$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00536(0{,}00536^6 - 1)}{0{,}00536 - 1} 0{,}01 = 0{,}000054$ mm;

— pentru $x = 120$ mm; $t_{rem \cdot 6} = \frac{0{,}00555(0.00555^6 - 1)}{0{,}00555 - 1} 0{,}01 = 0{,}000056$ mm.

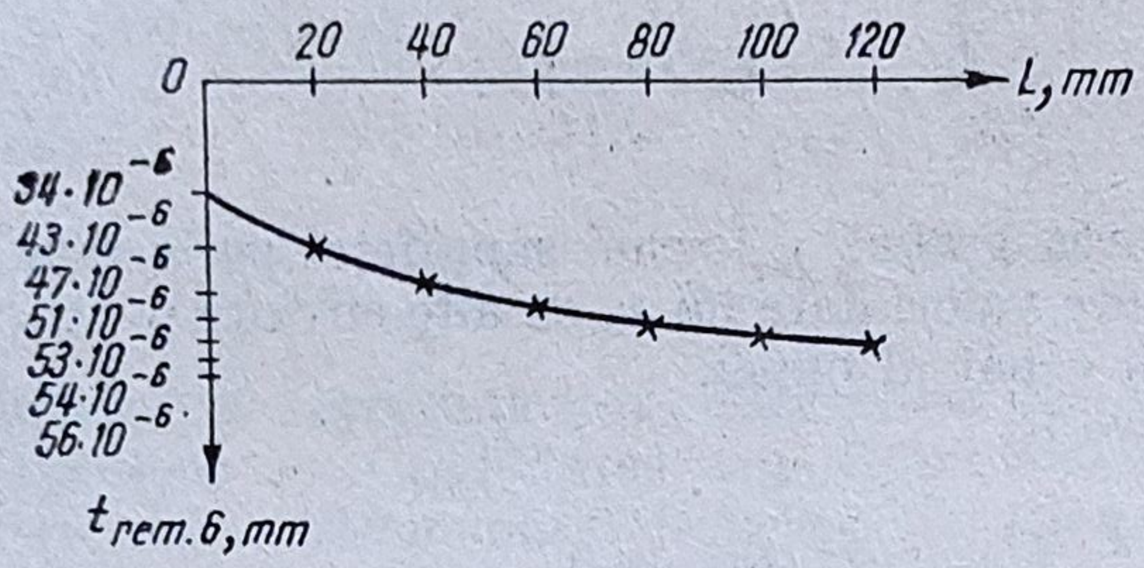


Figura 1.5

În figura 1.5 se prezintă reprezentarea grafică a formei suprafeței prelucrate.

12. Să se determine cîmpul de dispersie a dimensiunilor la prelucrarea unui lot de arbori pe un strung cu prinderea între vîrfuri, cu $d = 60$ mm și $L = 500$ mm, pe toată lungimea, cunoscîndu-se următoarele elemente ale sistemului tehnologic: $C_{max} = 120$; $t_{r \cdot max} = 5$ mm; $t_{r \cdot min} = 2{,}5$ mm; $J_{pf} = 400$ daN/mm; $J_{pm} = 200$ daN/mm; $J_{sup} = 300$ daN/mm.

R = 0,515 mm.

13. Să se determine abaterea de formă și să se reprezinte grafic rezultatele obținute la prelucrarea acelorași arbori ca la problema 12, cunoscîndu-se suplimentar că $J_{pf \cdot max} = 450$ daN/mm; $J_{pf \cdot min} = 350$ daN/mm; $J_{pm \cdot max} = 225$ daN/mm; $J_{pm \cdot min} = 185$ daN/mm; $J_{sup \cdot max} = 330$ daN/mm și $J_{sup \cdot min} = 280$ daN/mm.

R = 0,47 mm.

14. Care este devierea axei unei găuri prelucrate prin burghiere pe o mașină de găurit ca urmare a deformației elastice a elementelor sistemului tehnologic. Se prelucrează o gaură cu $d = 30$ mm, cu avansul de 0,1 mm/rot; $C_p = 63$; $x_p = 1$; $y_p = 1$; $J_{a \cdot p.} = 500$ daN/mm și $J_m = 800$ daN/mm.

Rezolvare. Devierea axei găurii ca urmare a deformațiilor elastice a subansamblului arborelui principal și a subansamblului mesei mașinii de găurit se determină cu relația:

$$\gamma = P\left(\frac{1}{J_m} + \frac{1}{J_{a \cdot p}}\right),$$

în care:

γ este unghiul de înclinare a axei găurii prelucrate, P — forța de așchiere la găurire, în daN; J_m — rigiditatea subansamblului mesei mașinii de găurit, în daN/mm; $J_{a \cdot p}$ — rigiditatea subansamblului arborelui principal, în daN/mm.

Forța de așchiere se determină cu relația:

$$P = C_p \cdot d^{x_p} \cdot s^{y_p} = 63 \cdot 30 \cdot 0{,}1 = 189 \text{ daN}.$$

Astfel,

$$\gamma = 189\left(\frac{1}{500} + \frac{1}{800}\right) = 0{,}61 \text{ mm}.$$

15. Cît trebuie să fie rigiditatea subansamblului mesei unei maşini de găurit dacă la prelucrarea unei găuri ia naştere o forţă de aşchiere $P = 200$ daN, devierea admisibilă a axei găurii este de 0,5 mm, iar rigiditatea subansamblului arborelui principal este $J_{a.p} = 700$ daN/mm.

$R = 1\,000$ daN/mm.

16. În ce raport se găsesc abaterile dimensionale la prelucrarea unei piese pe strung cu diametrul $d = 50$ mm dacă scula, sub acţiunea eforturilor de aşchiere, se deplasează în direcţie radială Y şi verticală Z, cu aceeaşi cantitate $\Delta y = \Delta z = 0{,}04$ mm?

Rezolvare. Abaterea la diametru atunci cînd scula se deplasează în planul Z cu 0,04 mm se determină din triunghiul OAB (fig. 1.6), de unde:

$$OB^2 = O^2 + AB^2;\ OB = \frac{d}{2} \text{ iar } OA = \frac{d}{2} - \frac{\Delta d}{2}.$$

Prin înlocuire rezultă:

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2} - \frac{\Delta d}{2}\right)^2 + \Delta_z^2.$$

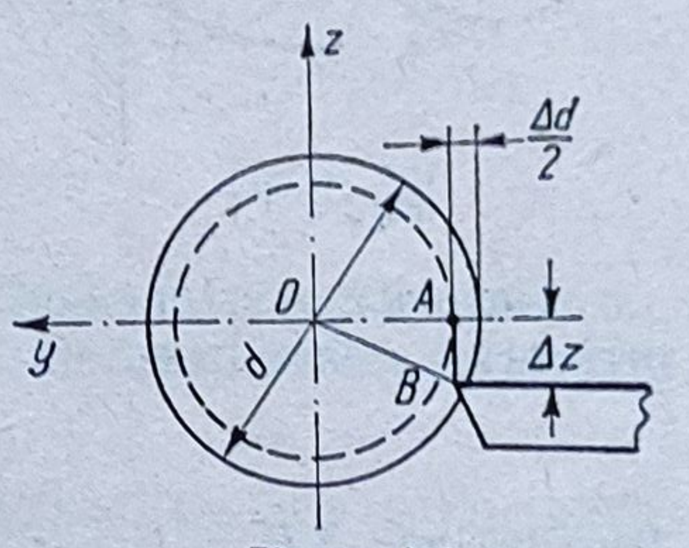


Figura 1.6

Dacă se neglijează $\left(\frac{\Delta d}{2}\right)^2$ ca fiind foarte mic în comparaţie cu celelalte elemente, se ajunge la:

$$\Delta d = \frac{2 \cdot \Delta_z^2}{d} = \frac{2 \cdot 0{,}04^2}{50} = 0{,}064 \ \mu\text{m}.$$

Pentru faptul că deplasarea suportului sculei în planul radial se transmite în mărime naturală asupra piesei, rezultă că:

$$\frac{\Delta d}{2} = \Delta y \text{ şi deci } \Delta d = 2 \cdot \Delta y = 2 \cdot 0{,}04 = 0{,}08 \text{ m.}$$

Raportul între cele două abateri este

$$\frac{0{,}08}{0{,}000064} = 1\,250.$$

Pentru datele problemei, prin deplasarea sculei atît în planul vertical cît şi în cel orizontal cu aceeaşi cantitate, influenţa asupra preciziei de prelucrare este de 1 250 ori mai mare în direcţie orizontală (dată de componenta P_y a efortului de aşchiere) decît în direcţie verticală.

17. Să se determine creşterea diametrului $d = 60$ mm la strunjirea unui ax din OLC 45 ca urmare a încovoierii cuţitului cu secţiunea de 16×16 mm şi lungimea în consolă de 50 mm, lucrîndu-se cu un avans de 0,6 mm/rot şi cu adîncimea de aşchiere de 4 mm.

Rezolvare. Componenta principală a forţei de aşchiere se calculează cu relaţia:

$$F_z = C_{F_z} \cdot t^{x_{F_z}} \cdot s^{y_{F_z}} \cdot HB^n,$$

în care;
$C_{F_z} = 3{,}57$; $t = 4$ mm; $s = 0{,}6$ mm/rot; $x_{F_z} = 1$; $y_{F_z} = 0{,}75$; $HB = 210$ și $n = 0{,}75$

$$F_z = 3{,}57 \cdot 4 \cdot 0{,}6^{0,75} \cdot 210^{0,75} = 530 \text{ daN}.$$

Încovoierea cuțitului se determină prin săgeată, considerîndu-l ca o grindă în consolă sub acțiunea unei sarcini concentrate:

$$f = \frac{F_z \cdot l^3}{3EI}$$

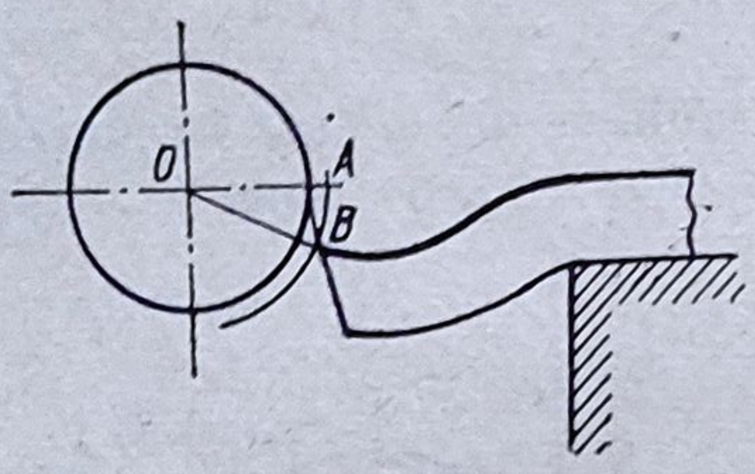


Figura 1.7

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1{,}6^4}{12} = 0{,}55 \text{ cm}^4,$$

$$f = \frac{530 \cdot 5^3}{2{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}55} = 0{,}057 \text{ cm} = 0{,}57 \text{ mm}.$$

Datorită acestei săgeți cuțitul ocupă o poziție nouă (fig. 1.7), raza axului prelucrat mărindu-se cu:

$$R = OB - OA.$$

Rezultă că: $AB = f = 0{,}57$ mm; $OA = R = 30$ mm, astfel:

$$\text{tg } \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{0{,}57}{30} = 0{,}019, \text{ iar } \alpha = 1°05'.$$

Pentru că tg $1°05' \simeq \sin 1°05' = 0{,}01891$, se poate scrie că:

$$\frac{AB}{OB} \simeq \frac{AB}{OA} \text{ de unde } OB \simeq OA \text{ sau } \Delta R = OB - OA \simeq 0.$$

Cu toate că săgeata produsă de încovoierea cuțitului depășește 0,5 mm, diametrul piesei nu se modifică esențial. Se modifică în schimb geometria așchierii.

18. Să se determine creșterea maximă a diametrului unui arbore din OLC 45 ca urmare a încovoierii produse sub acțiunea eforturilor de așchiere la prelucrarea cu fixarea între vîrfuri. Arborele are dimensiunile $d = 40$ mm și $l = 500$ mm și se prelucrează cu avansul de 0,8 mm/rot și adîncimea de așchiere de 5 mm. Se consideră că celelalte elemente ale sistemului tehnologic (păpușa fixă, păpușa mobilă, suportul port cuțit) au rigiditate mare, iar deplasarea sculei se neglijează.

Rezolvare. În timpul prelucrării arborele este supus încovoierii sub acțiunea componentelor F_z și F_y.

Componenta F_z se determină cu relația:

$$F_z = C_{F_z} \cdot t^{x_{F_z}} \cdot s^{y_{F_z}} \cdot HB^n.$$

Valorile coeficientului și exponenților sînt aceleași ca la problema 17, astfel că:

$$F_z = 3{,}57 \cdot 5 \cdot 0{,}8^{0,75} \cdot 210^{0,75} = 880 \text{ daN}.$$

Forța rezultantă a componentelor F_z și F_y se poate calcula, cu bună aproximație, cu relația:

$$R = 1{,}1 \cdot F_z = 1{,}1 \cdot 880 = 965 \text{ daN}.$$

Sub acțiunea acestei forțe rezultante (fig. 1.8), orientată perpendicular pe linia centrelor, arborele se încovoaie. Considerînd arborele ca o grindă simplu rezemată, săgeata se determină cu relația:

$$f = \frac{R \cdot l^3}{48EI} = \frac{965 \cdot 50^3 \cdot 64}{48 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 4^4} =$$

$$= 0{,}095 \text{ cm} = 0{,}95 \text{ mm}.$$

Creșterea maximă a diametrului:

$$\Delta d = 2f = 2 \cdot 0{,}95 = 1{,}9 \text{ mm}.$$

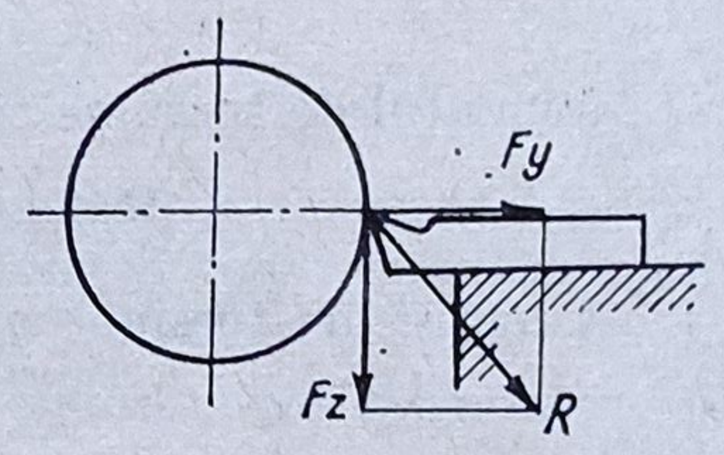


Figura 1.8

Era de așteptat ca săgeata arborelui să fie mare pentru că lungimea liberă a arborelui este mare, diametrul relativ mic și adîncimea de așchiere mare. Pentru micșorarea săgeții maxime (pe mijlocul arborelui) se recomandă utilizarea de lunete de sprijinirea piesei în timpul prelucrării.

19. Să se determine creșterea maximă a diametrului pentru prelucrarea piesei din problema 18, în aceleași condiții, dacă se folosește o lunetă așezată la mijlocul piesei și două lunete de sprijin așezate simetric față de capetele de sprijin ale arborelui, la distanța de 150 mm.

R = 0,45 mm ; 0,15 mm.

20. Să se determine unghiul de torsiune la prelucrarea prin rectificare a unui ax cu came cu lungimea de 900 mm, care apare sub acțiunea forței de așchiere dacă $V_p = 10$ m/min; $V_d = 25$ m/s, iar avansul este de 0,05 mm/rot. constatîndu-se că în punctele de control profilul se deformează depășind toleranța de $\pm$ 15′. Profilul camelor este caracterizat de punctele:

	A	*B*	*C*	*D*
Unghiul, în grd;	0	135°	180°	225°
Panta, în mm:	0	4,15	6,5	4,65

Rezolvare. Prin toleranța dată înseamnă că fiecare punct al profilului trebuie să se afle la unghiul impus cu o abatere într-o parte sau alta cu cel mult 15′.

La rectificarea camelor poziția unghiulară corectă a camei care se rectifică, în raport cu cama model montată pe mașină, se modifică din cauza unei torsionări a axului cu came. Eroarea maximă a profilului are loc la cama cea mai îndepărtată de arborele mașinii în timpul rectificării.

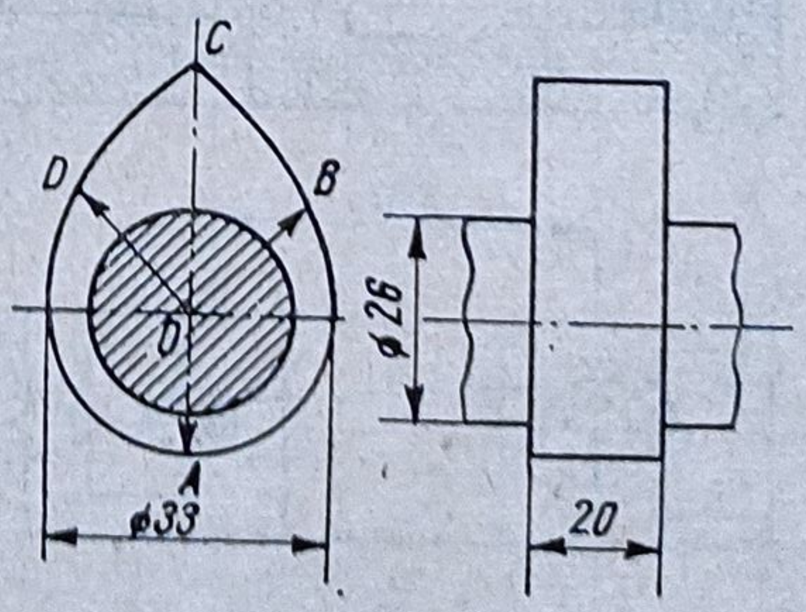


Figura 1.9

Forța principală de așchiere se determină cu relația:

$$F_z = C_{F_z} \cdot V_p^{0,7} \cdot s^{0,6} \text{ [daN]},$$

în care $C_{F_z} = 2{,}2$ pentru oțel călit [31]

$$F_z = 2{,}2 \cdot 10^{0{,}7} \cdot 0{,}05^{0{,}6} = 2 \text{ daN}.$$

În momentul contactului disc abraziv-camă, brațul care tinde să torsioneze axul, după figură, este:

$$r = \frac{33}{2} + 6{,}5 = 23 \text{ mm}.$$

Momentul de torsiune este:

$$M_t = F_z \cdot r = 2 \cdot 2{,}3 = 4{,}6 \text{ daN} \cdot \text{cm}.$$

Unghiul de torsiune al axului pe lungimea $l = 900$ mm este:

$$\varphi = \frac{M_t \cdot l}{G \cdot I_p},$$

în care: G este momentul de elasticitate transversal, $77 \cdot 10^4$ daN/cm² și I_p — momentul de inerție polar care se determină cu relația:

$I_p = 0{,}1 \cdot d^4 = 0{,}1 \cdot 2{,}6^4 = 4{,}6$ cm⁴, în care $d = 26$ mm, după desen. În aceste condiții:

$$\varphi = \frac{4{,}6 \cdot 90}{77 \cdot 10^4 \cdot 4{,}6} = 0{,}000117 \text{ rad}.$$

Unghiul de torsiune exprimat în grade va fi:

$$\varphi = \frac{360 \cdot 0{,}000117}{2 \cdot \pi} = 0{,}0067°.$$

Aceasta înseamnă că datorită forței care ia naștere în timpul prelucrării unghiul de torsiune al axului este mai mic de 1′, deci profilul camelor se încadrează în precizia prescrisă.

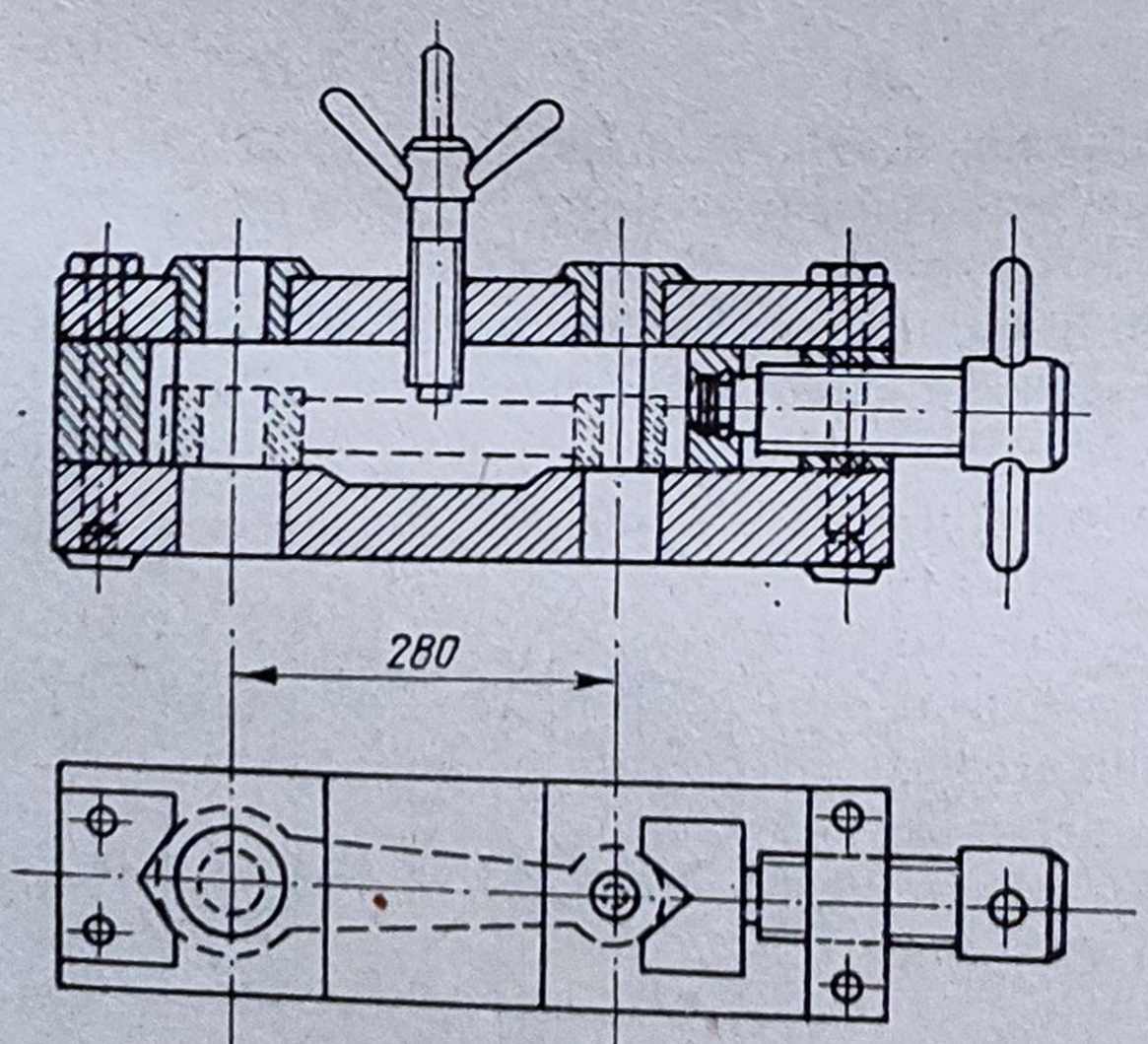


Figura 1.10

21. Să se determine neparalelismul axelor găurilor din capul și piciorul bielei, precum și bătaia suprafeței frontale a piciorului bielei în raport cu gaura prelucrată pe un cerc cu $d = 70$ mm dacă strîngerea se execută cu forță de 200 daN aplicată la mijlocul corpului bielei (fig. 1.10). Corpul bielei are secțiunea de 27×20 mm.

Rezolvare. Dacă se consideră biela ca o grindă simplu rezemată, unghiul de rotire a extremităților bielei sub acțiunea sarcinii aplicate se calculează cu relația:

$$\varphi = \frac{P \cdot l^3}{16 \cdot EI},$$

în care: P este forța de strîngere în daN; l — distanța între reazeme ($l = 28$ cm); E — modulul de elasticitate ($E = 2 \cdot 10$ daN/cm²); I — momentul de inerție al secțiunii, care se determină cu relația:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{2{,}7 \cdot 2^3}{12} = 1{,}8 \text{ cm}^4.$$

Astfel,

$$\varphi = \frac{200 \cdot 28^2}{16 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1{,}8} = 0{,}0027 \text{ rad.}$$

Pentru că biela se prelucrează în stare deformată, după scoaterea din dispozitivul de fixare axele găurilor din capul și piciorul bielei vor forma un unghi între ele (fig. 1.11).

Devierea x a capului bielei pe o lungime $l = 100$ mm are valoarea:

$$x = l \cdot \varphi = 100 \cdot 0{,}0027 = 0{,}27 \text{ mm.}$$

Deoarece această deviere are loc și la piciorul bielei, neparalelismul axelor celor două găuri va fi dublu: 0,54 mm.

Bătaia lîngă piciorul bielei, pe un cerc cu diametrul de 70 mm este:

$$Y = d \cdot \varphi = 70 \cdot 0{,}0027 = 0{,}189 \simeq 0{,}19 \text{ mm.}$$

22. Să se determine forța maximă admisibilă pentru strîngerea bielei din problema 21 dacă neparalelismul admisibil al axelor din piciorul și din capul bielei este de 0,15 mm pe lungimea de 100 mm, iar bătaia părții frontale a piciorului bielei pe un cerc cu raza 70 mm este de 0,07 mm.

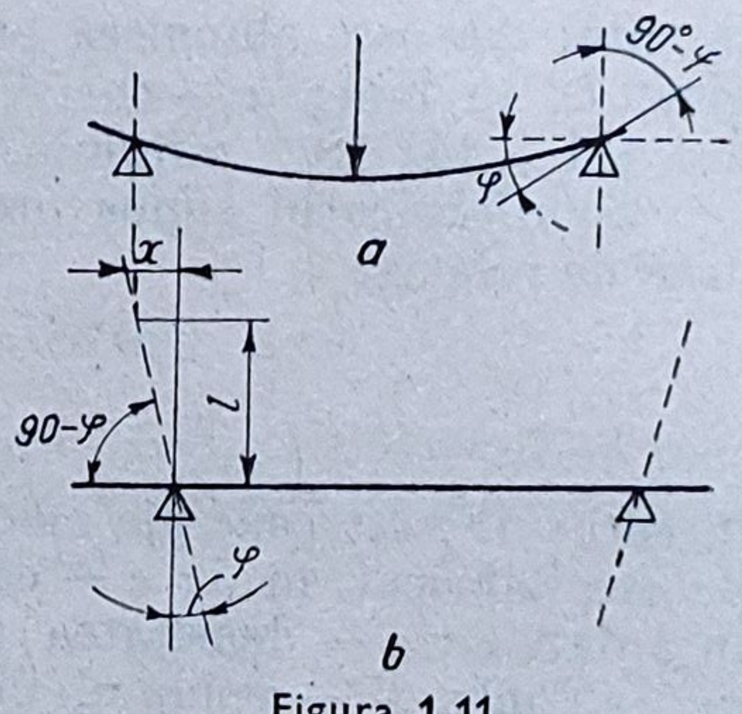


Figura 1.11

R = 55 daN.

1.4. Influența deformațiilor termice ale elementelor sistemului tehnologic asupra preciziei de prelucrare

În timpul procesului de prelucrare mecanică elementele sistemului tehnologic se deformează termic ca urmare a căldurii înmagazinate în masa lor.

Energia calorică în zona de așchiere se poate determina cu relația:

$$W_c = P \cdot V_p [\text{J/min}]$$

sau:

(1.6)

$$Q_t = \frac{P \cdot V}{E} [\text{kcal/min}]$$

în care: P este forța totală de așchiere, în N; V_p — viteza de așchiere, în m/min; E — echivalentul mecanic al kilocaloriei, [$E = 4195{,}5$ J/kcal].

Datorită căldurii înmagazinate în corpul cuțitului acesta se alungește după o relație de forma:

$$L_s = C \frac{L_c}{F} \sigma_r (t \cdot s)^{0,75} \sqrt{V_p} \ [\mu m], \tag{1.7}$$

în care: C este o constantă care depinde de parametrii regimului de așchiere (pentru $t \leqslant 1,5$ mm; $s \leqslant 0,2$ mm/rot și $V_p = 100...200$ m/min, $C = 4,5$); L_c — lungimea în consolă a cuțitului, în mm; F — secțiunea transversală a cuțitului, în mm²; σ_r — rezistența la rupere a materialului piesei, în N/mm²; t — adîncimea de așchiere, în mm; s — avansul, în mm/rot; V_p — viteza de așchiere, în m/min.

Elementele mașinii-unelte capătă o deformație termică liniară dată de relația:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \ [mm], \tag{1.8}$$

în care: ΔL este alungirea termică a unui element al mașinii-unelte de lungime L, în mm; α — coeficientul de dilatare termică liniară; pentru oțel $\alpha = (11 ... 14)\ 10^{-6}$ mm/mm.°C; pentru fontă $\alpha = (9 ... 11)10^{-6}$ mm/mm°C.

Semifabricatul supus prelucrării se încălzește la o temperatură medie dată de relația:

$$t = \frac{W_s}{c \cdot \rho \cdot V} \ [grd], \tag{1.9}$$

în care: W_s este energia calorică dezvoltată în zona de așchiere și preluată de semifabricat, în J; c — căldura specifică a materialului semifabricatului, în J/daN°C; ρ — densitatea (masa specifică) a materialului semifabricatului, în daN/m³; V — volumul materialului semifabricatului, în m³.

Temperatura medie determinată cu relația (1.9) se introduce în relația (1.8) și se determină mărimea deformației termice a semifabricatului.

23. Să se determine eroarea prelucrării mecanice a diametrului unui manșon din fontă (fig. 1.12), la strunjirea exterioară, considerînd cîmpul de temperatură din semifabricat ca fiind constant. Se lucrează cu avans de 0,4 mm/rot și cu adîncimea de așchiere de 4 mm. Se consideră că semifabricatul preia 10% din energia calorică dezvoltată în zona de așchiere.

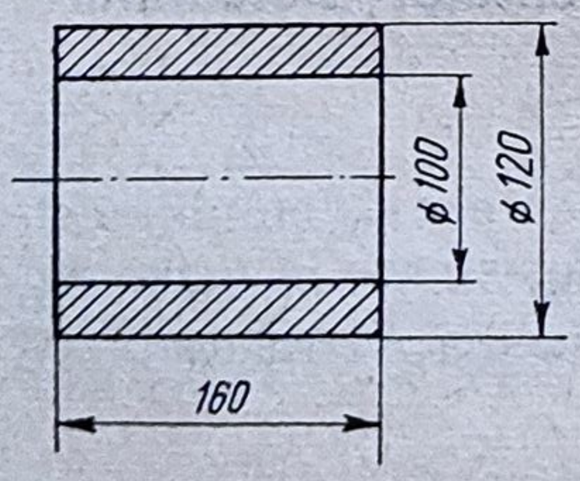


Figura 1.12.

Rezolvare. Energia calorică preluată de semifabricat, ținînd seama de datele problemei, se determină cu relația:

$W_s = 0,1 : W_c = 0,1 \cdot P_z \cdot V_p \cdot t_b$[J], în care t_b este timpul de bază.

Din [31] forța principală de așchiere se determină cu relația:

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot s^{y_{P_z}} \cdot HB^n,$$

în care $C_{P_z} = 5,14$ pentru fontă cu $HB > 170$; $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n = 0,75$;

$$P_z = 5,14 \cdot 4 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 180^{0,75} = 505 \text{ daN} = 5\,050 \text{ N}.$$

Viteza de așchiere se determină cu relația:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n},$$

în care:

$C_v = 32{,}4$; $x_v = 0{,}15$; $y_v = 0{,}4$; $m = 0{,}2$; $n = 1{,}5$; $T = 90$ min, date luate din [31], deci:

$$V_p = \frac{32{,}4}{90^{0{,}2} \cdot 4^{0{,}15} \cdot 0{,}4^{0{,}4} \cdot \left(\frac{180}{200}\right)^{1{,}5}} = 18{,}3 \text{ m/min.}$$

Se adoptă $V_p = 20$ m/min.

Timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{\pi \cdot L \cdot d}{1\,000 \cdot V \cdot s} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 120}{1\,000 \cdot 20 \cdot 0{,}4} = 7{,}55 \text{ min.}$$

Energia înmagazinată de semifabricat va fi:

$$W_s = 0{,}1 \cdot 5\,050 \cdot 20 \cdot 7{,}55 = 76\,000 \text{ J.}$$

Dacă rezultatul obținut se introduce în relația (1.9), considerînd că pentru fontă $C = 460$ J/daN°C; $\rho = 7\,600$ daN/m³ și $V = 0{,}00055$ m³ (în funcție de dimensiunile piesei), rezultă temperatura medie:

$$t = \frac{W_s}{c \cdot \rho \cdot V} = \frac{76\,000}{460 \cdot 7\,600 \cdot 0{,}00055} = 39{,}5°\text{C.}$$

Deformația termică a diametrului exterior se determină cu relația (1.8) în care $\alpha = 11 \cdot 10^{-6}$ mm/mm°C pentru fontă:

$$\Delta D = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 39{,}5 \cdot 120 = 0{,}052 \text{ mm.}$$

24. Să se determine eroarea prelucrării mecanice cauzată de deformația termică a semifabricatului la burghierea unei găuri într-o bucșă cu dimensiunile $D = 40$ mm; $d = 20$ mm și $l = 40$ mm. Se prelucrează cu $n = 310$ rot/min; $s = 0{,}36$ mm/rot, iar puterea consumată la arborele principal este de $N = 0{,}955$ kW. Semifabricatul preia 50% din energia calorică degajată.

R = 0,026 mm.

Indicație: se consideră

$$N = \frac{P \cdot V_p}{60 \cdot 1\,000} \text{ (kW).}$$

25. Să se determine eroarea de prelucrare maximă produsă de alungirea termică a sculei la prelucrarea prin strunjire, fără răcire, a unei piese din oțel cu $\sigma_r = 85$ daN/mm², cu un cuțit de strung cu secțiunea 16×16 mm și lungimea în consolă $L_c = 50$ mm. Se prelucrează cu avans de lucru de 0,16 mm/rot și adîncime de așchiere de 1 mm.

Rezolvare. Alungirea sculei aşchietoare se determină cu relaţia (1.7). Viteza de aşchiere se determină cu relaţia:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v} \left(\frac{HB}{200}\right)^n}$$

Din [31], pentru materialul indicat s-a stabilit că:

$C_v = 96{,}2$; $x_v = 0{,}25$; $y_v = 0{,}33$; $m = 0{,}1$; $T = 90$ min; $HB = 245$ şi $n = 1{,}75$, deci:

$$V_p = \frac{96{;}2}{90^{0,1} \cdot 1^{0,25} \cdot 0{,}16^{0,33} \cdot 1{,}22^{1,75}} = 80 \text{ m/min.}$$

Alungirea sculei aşchietoare va fi:

$$\Delta L_s = 4{,}5 \frac{50}{\quad} 85(1 \cdot 0{,}16)^{0,75} \sqrt{80} = 161 \ \mu\text{m} = 0{,}161 \text{ mm.}$$

Eroarea de prelucrare mecanică, pe diametru, va fi:

$$\Delta D = 2 \cdot \Delta L_s = 2 \cdot 0{,}161 = 0{,}322 \text{ mm.}$$

26. Să se determine eroarea maximă de prelucrare produsă de alungirea termică a sculei la strunjirea unei piese din fontă cu $\sigma_r = 60$ daN/mm², cu un cuţit cu secţiunea 10×12 mm şi lungimea în consolă de 40 mm. Se prelucrează cu un avans de 0,2 mm/rot şi adîncime de aşchiere de 1,5 mm.

R = 0,324 mm.

27. Care trebuie să fie adîncimea maximă de aşchiere la prelucrarea prin strunjire dacă abaterea dimensională admisibilă a piesei este de 0,05 mm, cunoscînd că se lucrează cu $v = 120$ m/min, $s = 0{,}2$ mm/rot, materialul are $\sigma_r = 80$ daN/mm², iar scula are secţiunea de 12×16 mm şi lungimea în consolă de 30 mm, considerînd că abaterea se datoreşte alungirii termice a sculei?

R = 2,1 mm.

28. Care este abaterea la diametrul piesei, $D = 50$ mm, dacă la prelucrarea pe un strung SN 400, cu fixare în universal, axa arborelui principal se deplasează în plan vertical ca urmare a încălzirii păpuşii fixe? Temperatura iniţială a uleiului din păpuşa fixă este de 20°C, iar temperatura în momentul măsurării este de 80°C.

Rezolvare. Deplasarea în plan vertical a axei arborelui principal, ca urmare a încălzirii carcasei păpuşii fixe, se determină cu relaţia:

$$\Delta l_v = \alpha \cdot H(T_2 - T_1),$$

în care:

α este coeficient de dilatare termică lineară, care pentru fontă este $(9...11)\ 10^{-6}$ mm/mm°C; H — înălţimea vîrfurilor strungului, $H = 400$ mm; $T_2 = 80$°C, temperatura finală şi $T_1 = 20$°C, temperatura iniţială;

$$\Delta l_v = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 400(80 - 20) = 0{,}24 \text{ mm.}$$

Abaterea dimensională ca urmare a deplasării axei arborelui principal în plan vertical se determină cu relația:

$$\Delta D = \frac{2 \cdot \Delta l_v^2}{D} = \frac{2 \cdot 0{,}24^2}{50} = 0{,}00234 \text{ mm}.$$

29. Prelucrarea unei trepte pe un arbore se face prin reglarea inițială a sculei pînă la opritor (fig. 1.13). Să se determine abaterea maximă la lungimea treptei și la diametru, ca urmare a deformației termice a semifabricatului și a alungirii termice a sculei, dacă se prelucrează fără răcire un material cu $\sigma_r = 80$ daN/mm², cu avansul de 0,4 mm/rot și adîncimea de așchiere de 4 mm, prelucrarea efectuîndu-se cu un cuțit din oțel rapid cu secțiunea de 12 × × 12 mm și lungimea în consolă de 30 mm. Se consideră că semifabricatul preia 20% din căldura dezvoltată în procesul de așchiere. Lungimea totală a semifabricatului este de 400 mm.

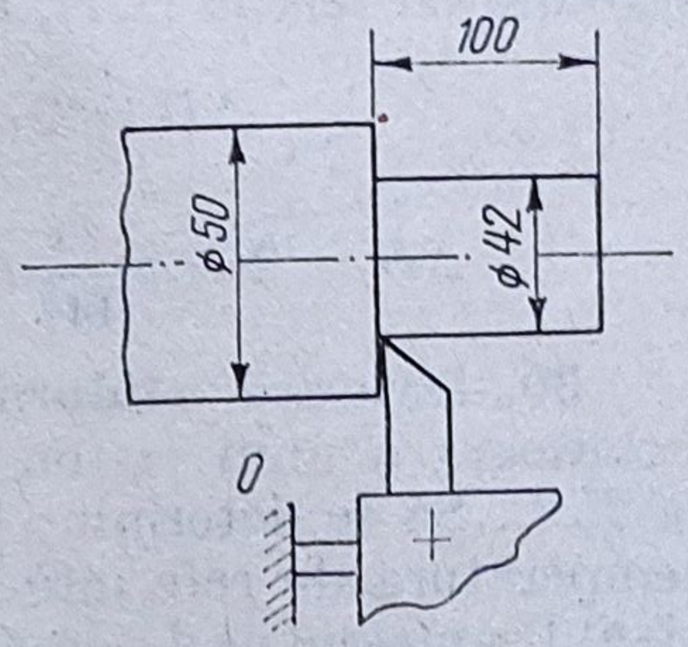


Fig. 1.13

Rezolvare. Căldura preluată de semifabricat se determină cu relația:

$$W_s = 0{,}2 \cdot P_z \cdot V_p \cdot t_b \text{ [J]}$$

Forța de așchiere se determină cu relația [31]:

$$P_z = C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot s^{y_{P_z}} \cdot HB^n, \text{ pentru care:}$$

$C_{P_z} = 3{,}57$; $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0{,}75$; $n = 0{,}75$ și $HB = 240$, deci:

$$P_z = 3{,}57 \cdot 4 \cdot 0{,}4^{0{,}75} \cdot 240^{0{,}75} = 435 \text{ daN}.$$

Viteza de așchiere se determină cu relația [1]:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v} \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \text{ în care:}$$

$C_v = 52{,}5$; $x_v = 0{,}25$; $y_v = 0{,}5$; $m = 0{,}1$; $T = 90$ min; $n = 1{,}75$.

Cu aceste valori:

$$V_p = \frac{52{,}5}{90^{0{,}1} \cdot 4^{0{,}25} \cdot 0{,}4^{0{,}5} \left(\frac{240}{200}\right)^{1{,}75}} = 27{,}5 \text{ m/min}.$$

Timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{100 \cdot \pi \cdot 50}{0{,}4 \cdot 1\,000 \cdot 27{,}5} = 1{,}43 \text{ min}.$$

Astfel,

$$W_s = 0{,}2 \cdot 435 \cdot 27{,}5 \cdot 1{,}43 = 3\,400 \text{ J}.$$

Temperatura medie a semifabricatului se determină cu relația (1.9):

$$t = \frac{W_s}{c \cdot \rho \cdot V} = \frac{3\,400}{500 \cdot 7\,800 \cdot 0{,}000785} = 1{,}11°\text{C}.$$

în care:

$$c = 500 \text{ J/daN} \cdot °\text{C}; \quad \rho = 7\,800 \text{ daN/m}^3;$$

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} L = \frac{\pi \cdot 0{,}05^2}{4} 0{,}4 = 0{,}000785 \text{ m}^3.$$

Abaterea maximă a treptei prelucrate se determină cu relația (1.8)

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot t = 14 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 1{,}11 = 0{,}00156 \text{ mm} = 1,56 \ \mu\text{m}.$$

Abaterea maximă a diametrului ca urmare a alungirii sculei aşchietoare, stabilită cu relația (1.7), se determină cu relația:

$$\Delta D = 2 \cdot \Delta L_s = 2 \cdot c \frac{D_c}{F} \sigma_r (t \cdot s)^{0,75} \sqrt{V} \ [\mu\text{m}]$$

$$\Delta D = 2 \cdot 4{,}5 \frac{30}{144} 80 (4 \cdot 0{,}4)^{0,75} \sqrt{27{,}5} = 1\,120 \ \mu\text{m} = 1{,}12 \text{ mm}.$$

30. Datorită căldurii degajate în procesul de aşchiere la strunjirea exterioară a unui piston de aluminiu, temperatura medie a acestuia creşte la 75°C. Să se determine limitele de variație ale diametrului exterior față de temperatura de referință (20°C), cînd controlul se execută cu calibre limitative. Diametrul pe desen este de $90_{-0,04}$ mm, iar coeficientul de dilatare liniară, termică, a aluminiului este de $27 \cdot 10^{-6}$ mm/mm°C.

Rezolvare. Diferența de temperatură va fi:

$$\Delta t = 75 - 20 = 55°\text{C}.$$

Dilatarea termică lineară a diametrului pistonului vor fi:

$$\Delta D = \alpha \cdot D \cdot \Delta t = 27 \cdot 10^{-6} \cdot 90 \cdot 55 = 0{,}134 \text{ mm}.$$

Diametrele limită ale pistonului la temperatura de referință vor fi:

$$D_{max \cdot 20°\text{C}} = D_{max} - \Delta D = 90 - 0{,}134 = 89{,}866 \text{ mm}$$

$$D_{min \cdot 20°\text{C}} = D_{min} - \Delta D = 89{,}96 - 0{,}134 = 89{,}826 \text{ mm}.$$

1.5. Influența uzurii sculei aşchietoare asupra preciziei prelucrării mecanice

În procesul prelucrării mecanice prin aşchiere scula aşchietoare este supusă uzurii atît pe fața de aşezare cît şi pe cea de degajare. Influență asupra preciziei de prelucrare are uzura totală (fig. 1.14, *a*).

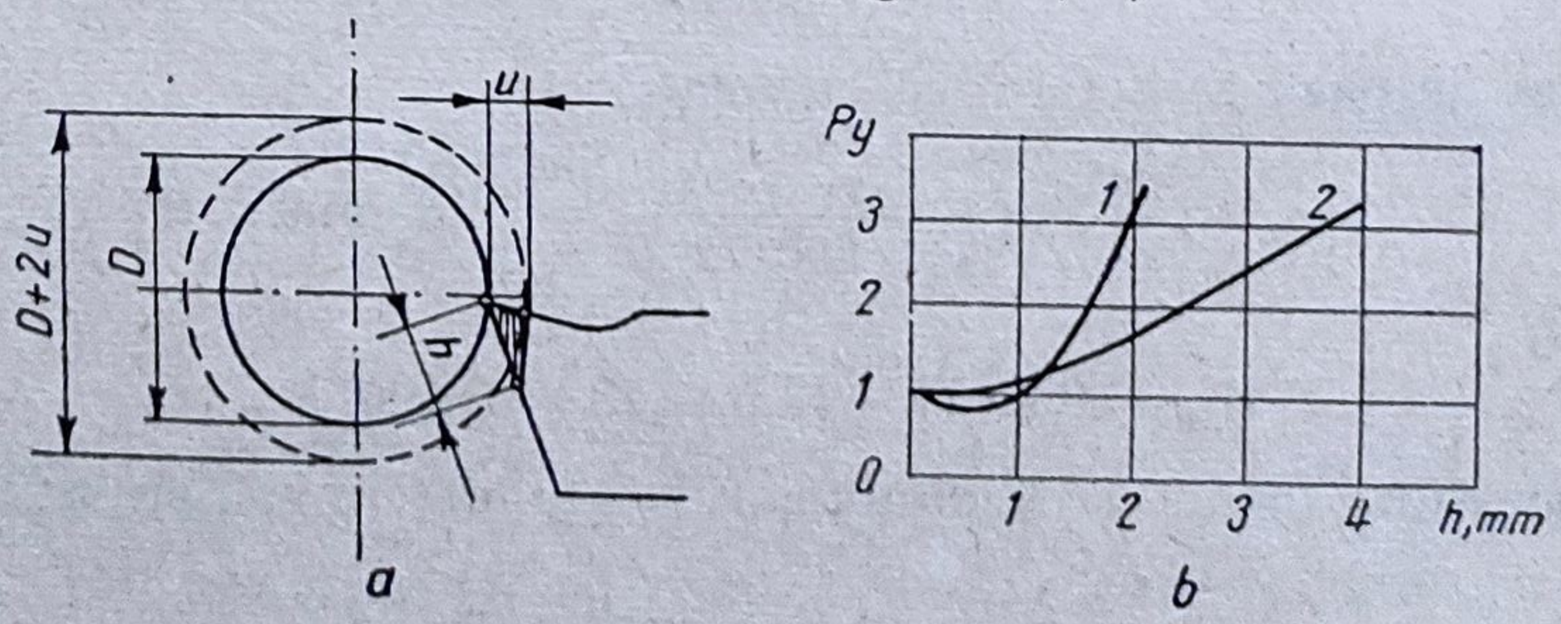


Fig. 1.14

Ca urmare a uzurii sculei aşchietoare pe faţa de aşezare, h, componenta radială P_y creşte considerabil (fig. 1.14, *b*). Curba *1* reprezintă variaţia efortului de aşchiere la strunjirea oţelului şi fontei maleabile, iar curba *2* pentru strunjirea fontei cenuşii.

Eroarea de prelucrare la diametrul D, în funcţie de lungimea drumului parcurs de sculă apare ca o sumare (curba *3*) a variaţiei produsă de uzura sculei aşchietoare (curba *1*) şi a creşterii componentei P_y a efortului de aşchiere (curba *2*, fig. 1.15). În figura 1.15, *a* se prezintă strunjirea oţelului şi fontei maleabile, iar în figura 1.15, *b* strunjirea fontei cenuşii.

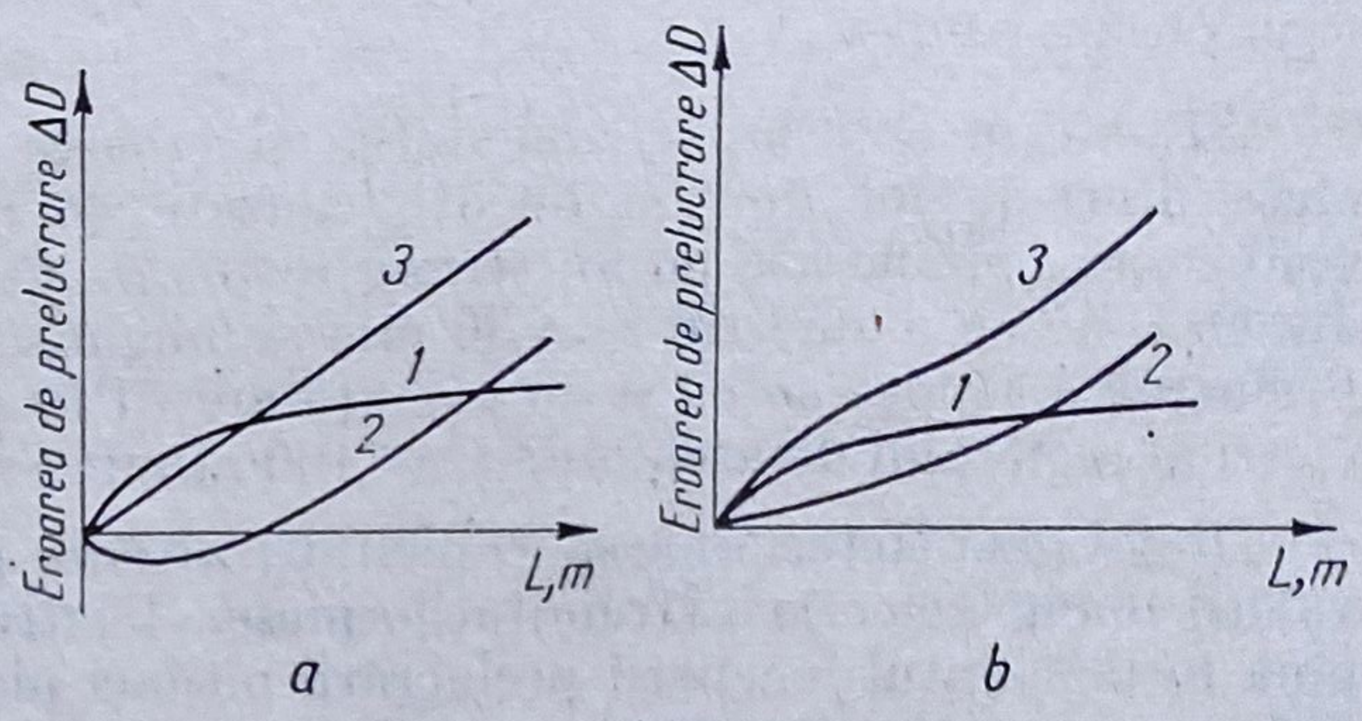


Fig. 1.15

Uzura sculei aşchietoare, la un moment dat, se determină cu relaţiile:

— pentru strunjirea longitudinală:

$$U = U_i + U_r \frac{\pi \cdot d \cdot l}{10^6 \cdot s} \quad [\mu m]; \tag{1.10}$$

— pentru frezarea frontală a unei suprafeţe dreptunghiulare:

$$U = U_i + U_{rf} \frac{\pi \cdot l}{10^6 \cdot s_z \cdot z} d_f \frac{\alpha}{360} \quad [\mu m] \tag{1.11}$$

în care:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{B}{d_f} \quad \text{şi} \quad U_{rf} = \left(1 - \frac{B}{100}\right) U_{rs}; \tag{1.12}$$

— pentru freze cilindrice se foloseşte tot relaţia (1.11), numai că unghiul α se determină cu relaţia:

$$\cos\alpha = 1 - \frac{2t}{d_f}; \tag{1.13}$$

— pentru broşare:

$$U = U_i + U_r \frac{l \cdot n}{10^6} \quad [\mu m] \tag{1.14}$$

— pentru rabotare:

$$U = U_i + U_r \frac{F}{10^6 \cdot s} \quad [\mu m] \tag{1.15}$$

— pentru rectificare:

$$U = \frac{A \cdot F_s \cdot n}{20 \cdot F_d} \quad [mm] \tag{1.16}$$

În relaţii s-au folosit notaţiile:
U_i — uzura iniţială a sculei, în μm; U_r — uzura relativă a sculei, în $\mu m/km$; d — diametrul semifabricatului, în mm; l — lungimea (pe generatoare) a

suprafeței prelucrate, în mm; s — avansul de lucru, în mm/rot sau mm/cd; s_z — avansul pe dinte, în mm; z — numărul de dinți ai frezei; d_f — diametrul frezei, în mm; B — lățimea suprafeței de prelucrat, în mm; t — adîncimea de așchiere, în mm; n — numărul pieselor din lotul de prelucrat; F — suprafața rabotată, în mm²; A — adaosul de prelucrare, în mm; F_s — suprafața piesei prelucrate prin rectificare, în mm²; F_d — suprafața activă a discului de rectificat, în mm²; U_{rs} — uzura relativă a cuțitului de strunjit, în μm/km.

31. Să se determine conicitatea și eroarea la diametru pentru ultima piesă dintr-un lot de 500 bucăți, cauzate de uzura dimensională a sculei așchietoare, prelucrate pe un strung revolver automat. Piesele sînt executate din OLC 45 cu diametrul $d = 30$ mm și lungimea pe generatoare $l = 50$ mm. Prelucrarea se face cu cuțit cu plăcuță dură P10 și se folosesc următorii parametri ai regimului de așchiere: $V = 100$ m/min; $s = 0{,}3$ mm/rot și $t = 1$ mm.

Rezolvare. Determinarea conicității ultimei piese se face prin stabilirea valorii diametrelor la extremitățile piesei. Pentru determinarea uzurii sculei pînă în momentul începerii prelucrării ultimei piesei relația (1.10) se amplifică cu $n - 1$ în care n este numărul pieselor, în vederea stabilirii lungimii pe care a parcurs-o scula. Uzura sculei în primul capăt al piesei va fi:

$$U_1 = U_i + U_r \frac{\pi \cdot d \cdot l(n-1)}{10^6 \cdot s}.$$

Din Anexa 1.1 se stabilește că: $U_i = 5$ μm și $U_r = 10$ μm/km, deci:

$$U_1 = 5 + 10 \frac{\pi \cdot 30 \cdot 50 \cdot (500-1)}{10^6 \cdot 0{,}3} = 83{,}44 \text{ μm}.$$

Uzura în capătul opus se determină folosind aceeași relație, amplificată însă cu n pentru stabilirea lungimii parcurse de sculă. Astfel:

$$U_2 = 5 + 10 \frac{\pi \cdot 30 \cdot 50 \cdot 500}{10^6 \cdot 0{,}3} = 83{,}50 \text{ μm}.$$

Conicitatea ultimei piese se determină ca diferență între dublul uzurilor sculei așchietoare în cele două secțiuni;

$$C = 2(U_2 - U_1) = 2\,(83{,}50 - 83{,}44) = 0{,}12 \text{ μm}.$$

Eroarea la diametru pentru aceeași piesă, în raport cu reglarea inițială, la dimensiune, a sculei așchietoare, va fi:

$$\Delta D_1 = 2 \cdot U_1 = 2 \cdot 83{,}44 = 166{,}88 \text{ μm}$$

$$\Delta D_2 = 2 \cdot U_2 = 2 \cdot 83{,}50 = 167{,}00 \text{ μm}.$$

O b s e r v a ț i e: Conicitatea piesei se putea determina și ca diferență a abaterilor diametrale în cele două secțiuni, astfel:

$$C = \Delta D_2 - \Delta D_1 = 167{,}00 - 166{,}88 = 0{,}12 \text{ μm}.$$

32. Să se determine conicitatea și abaterea diametrală, produse de uzura sculei așchietoare la prelucrarea prin strunjire de finisare a unei piese cilindrice din OLC 45 cu $d = 300$ mm și lungimea pe generatoare $l = 1\,000$ mm.

Prelucrarea se execută cu cuţit cu plăcuţă dură P10 folosindu-se un avans de lucru de 0,1 mm/rot. Dar dacă avansul este de 0,3 mm/rot?

$R_1 = 198{,}4$ μm; 198,4 μm;

$R_2 = 72{,}8$ μm; 72,8 μm.

33. Să se determine eroarea dimensională produsă de uzura sculei aşchietoare şi deformaţiile elastice ale sistemului tehnologic ca urmare a uzurii sculei aşchietoare pe faţa de aşezare, la prelucrarea mecanică a ultimei piese dintr-un lot de 600 bucăţi. Piesele sînt din Fc 25 cu $d = 30$ mm şi lungimea pe generatoare de 50 mm. Se foloseşte cuţit cu plăcuţă din K30 cu unghiul de aşezare $\alpha = 4°$ şi avansul de lucru este de 0,3 mm/rot. Rigiditatea sistemului tehnologic se consideră constantă pe toată lungimea de prelucrare, J = 400 daN/mm, iar P_y la începutul prelucrării este de 50 daN.

Rezolvare. Uzura sculei aşchietoare se determină cu relaţia (1.10) in care din Anexa 1.1, se stabileşte: $U_i = 5$ μm şi $U_r = 10$ μm/km:

$$U = 5 + 10\,\frac{\pi \cdot 30 \cdot 50 \cdot 600}{10^6 \cdot 0{,}3} = 99{,}2\ \mu\text{m}.$$

Anexa (1.1)

Uzura iniţială şi uzura relativă a cuţitelor de strung

Materialul semifabricatului	Materialul părţii aşchietoare a cuţitului	Uzura iniţială U_i, [μm]	Uzura relativă U_r, [μm/km]
Oţel carbon şi aliat	P01 ; P10	2 . . . 8	2 . . . 10
Fontă cenuşie	K30 ; K40	3 . . . 10	3 . . . 12
Oţel carbon şi aliat	Plăcuţe mineralo-ceramice, TM-332	1 . . . 3	0,5 . . . 1
Fontă călită ($HB = 375...400$)	"	10	9
Aliaje neferoase	Diamant (la strunjirea interioară)	—	0,0005...0,001

*Creşterea diametrului ultimei piese ca urmare a creşterii uzurii sculei, va fi:

$$\Delta D_1 = 2 \cdot U = 2 \cdot 99{,}2 = 198{,}4\ \mu\text{m}.$$

Uzura pe faţa de aşezare a sculei va fi:

$$h = \frac{U}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{99{,}2}{\operatorname{tg} 4} = 1\,650\ \mu\text{m}.$$

Din figura 1.3 se determină că pentru $h = 1{,}65$ mm componenta P_y creşte de 1,5 ori (curba 2). Creşterea dimensiunii diametrale ca urmare a creşterii componentei P_y se stabileşte astfel:

$$\Delta D_2 = 2\,\frac{P_{y \cdot max} - P_{y \cdot min}}{J} = \frac{2 \cdot 50(1{,}5 - 1)}{400} = 0{,}125\ \text{mm}.$$

Creşterea totală a diametrului ultimei piese va fi:

$$\Delta D = \Delta D_1 + \Delta D_2 = 0{,}1984 + 0{,}125 = 0{,}3234\ \text{mm}.$$

34. În condițiile problemei 33 să se determine conicitatea ultimei piese.

I n d i c a ț i e: Se va constata că uzura pe fața de așezare a sculei este cu foarte bună aproximație egală în cele două capete ale ultimei piese și deci conicitatea nu este influențată de creșterea efortului de așchiere P_y.

35. Să se determine uzura dimensională a unei freze cilindro-frontale folosite la prelucrarea de finisare a 70 suprafețe plane cu lățimea $B = 100$ mm și lungimea $l = 2\,000$ mm. Semifabricatul este din OLC 45. Se lucrează cu $s_z = 0{,}1$ mm pe dinte. Se consideră freza cu $d_f = 200$ mm și cu 8 dinți pe suprafața frontală, cu partea așchietoare cu plăcuțe dure P10. Dar dacă freza ar avea 12 dinți care va fi reducerea procentuală a uzurii?

Rezolvare. Uzura dimensională a unei freze cilindro-frontale se determină cu relația (1.11) în care $\alpha = 360°$. Dacă se neglijează uzura inițială și bătaia dinților frezei, uzura ei dimensională se determină cu relația:

$$U = U_{rf} \frac{\pi \cdot d_f \cdot l}{10^6 \cdot s_z \cdot z} \cdot \frac{\alpha}{360}.$$

Uzura relativă a frezei, U_{rf}, se determină cu relația (1.12) în care $U_{rs} = 8$ μm/km, din Anexa 1.1.:

$$U_{rf} = \left(1 + \frac{B}{100}\right) U_{rs} = \left(1 + \frac{100}{100}\right) 8 = 16 \text{ μm/km}.$$

În acest caz:

$$U = 16 \frac{\pi \cdot 70 \cdot 200 \cdot 2\,000}{10^6 \cdot 0{,}1 \cdot 8} \cdot \frac{360}{360} = 754 \text{ μm}.$$

Dacă freza are 12 dinți uzura va fi:

$$U = 16 \frac{\pi \cdot 70 \cdot 200 \cdot 2\,000}{10^6 \cdot 0{,}1 \cdot 12} \cdot \frac{360}{360} = 502 \text{ μm}.$$

Reducerea procentuală a uzurii frezei se determină cu relația:

$$\frac{754 - 502}{754} 100 = 34\%.$$

36. Să se determine abaterea de la înălțime a ultimei piese prelucrate prin frezare cu o freză cilindrică, produsă de uzura acesteia la prelucrarea unui lot de 20 piese. Lățimea piesei este de 100 mm iar lungimea de 1 000 mm. Materialul piesei este OLC 45. Se lucrează cu avansul pe dinte de 0,15 mm, freza având diametrul de 80 mm și 8 dinți cu partea așchietoare cu plăcuțe P10.

R = 67 μm.

37. Să se determine uzura dimensională a sculei și abaterea de la planitate a unei suprafețe plane prelucrate prin rabotare. Se prelucrează simultan 10 piese din fontă Fc 20 cu lungimea de 500 mm și lățimea de 200 mm. Scula este armată cu plăcuțe VK8 și se lucrează cu avansul de 0,3 mm/cd.

R = 50 μm; 25 μm/100 mm.

I n d i c a ț i e: Se consideră $U_i = 10$ μm și $U_r = 12$ μm/km (Anexa 1.1).

38. Să se determine eroarea dimensională provocată de uzura discului abraziv la rectificarea ultimei piese dintr-un lot de 20 bucăți. Piesele au

dimensiunile $d = 100$ mm și lungimea pe generatoare $l = 100$ mm și sînt din OLC 45 tratat termic. Discul de rectificat are $D = 500$ mm și $H = 100$ mm. Adaosul de prelucrare pe rază este de 0,3 mm.

Rezolvare. Eroarea diametrală pentru ultima piesă din lot va fi egală cu dublul uzurii discului abraziv care se determină cu relația (1.16). Astfel:

$$U = \frac{A \cdot F_s \cdot n}{20 \cdot F_d} = \frac{\pi \cdot 0{,}3 \cdot 100 \cdot 500 \cdot 20}{\pi \cdot 20 \cdot 500 \cdot 100} = 0{,}3 \text{ mm}.$$

Eroarea la diametru va fi:

$$\Delta D = 2 \cdot U = 2 \cdot 0{,}3 = 0{,}6 \text{ mm}.$$

39. Cît va fi adaosul de prelucrare pe rază la prelucrarea prin rectificare a unei piese din OLC 45 tratat termic, cu $d = 50$ mm și $l = 500$ mm, dacă abaterea dimensională maximă admisibilă este de 0,05 mm. Se prelucrează un număr de 10 piese cu un disc abraziv cu $D = 500$ mm și $H = 50$ mm?

Rezolvare. Cunoscînd că abaterea dimensională admisibilă este de 0,05 mm, uzura discului abraziv va trebui să fie:

$$U = \frac{\Delta D}{2} = \frac{0{,}05}{2} = 0{,}025 \text{ mm}.$$

Din relația (1.16) se scoate adaosul de prelucrare:

$$A = \frac{20 \cdot F_d \cdot U}{n \cdot F_s} = \frac{\pi \cdot 20 \cdot 0{,}025 \cdot 500 \cdot 50}{\pi \cdot 50 \cdot 500 \cdot 10} = 0{,}05 \text{ mm}.$$

40. Dacă uzura unui cuțit de strung din oțel rapid se produce după legea $A = C \cdot U_r$, în care A este aria suprafeței prelucrate, în m² și U_r — uzura relativă a cuțitului, în mm, iar $C = 2{,}5$ este un coeficient de proporționalitate, să se determine conicitatea la strunjirea unui arbore cu lungimea de 600 mm și diametrul de 100 mm.

Rezolvare. Suprafața prelucrată se determină din datele cunoscute:

$$A = \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}6 = 0{,}1884 \text{ m}^2.$$

Uzura sculei se determină cu relația:

$$U_r = \frac{A}{C} = \frac{0{,}1884}{2{,}5} = 0{,}0713 \text{ mm}.$$

Abaterea la diametru va fi dublu uzurii sculei așchietoare, deci:

$$\Delta D = 2 \cdot U_r = 2 \cdot 0{,}0713 = 0{,}1426 \text{ mm}.$$

1.6. Influența erorilor de reglare la dimensiunea de lucru asupra preciziei de prelucrare

Reglarea sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru se face prin următoarele metode:

— metoda așchiilor de probă;
— metoda pieselor de probă;
— după etalon.

Pentru ca precizia dimensiunilor prelucrate să rezulte în limite admise, se recomandă ca reglarea tăișului sculei așchietoare să se facă la jumătatea cîmpului de toleranță a dimensiunii prelucrate.

Reglarea sculelor la dimensiunea de lucru după metoda așchiilor de probă se face folosindu-se tamburul gradat al mașinii-unelte. Reglarea sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru după metoda pieselor de probă se face prin determinarea dimensiunii optime de reglare cu relația:

$$L_{r\cdot opt} = L_{min} + a + 3\sigma + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}, \qquad (1.17)$$

în care: L_{min} este dimensiunea minimă a suprafeței prelucrate în mm; a — erorile sistematice constante, în mm; σ — abaterea medie pătratică a distribuției; n — numărul de piese din grupul de piese supuse analizei statistice.

Pentru prelucrarea suprafețelor exterioare dimensiunea efectivă de reglare se stabilește cu relația:

$$L_{r\cdot ef} = L_{min} + a + 3\sigma\left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \qquad (1.18)$$

Pentru prelucrarea suprafețelor interioare dimensiunea efectivă de reglare se determină cu relația:

$$L_{r\cdot ef} = L_{min} - a - 3\sigma\left(1 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right) \qquad (1.19)$$

Eroarea de reglare se determină cu relația:

$$\Delta_r = K\sqrt{\Delta_m^2 + \Delta_c^2}, \qquad (1.20)$$

în care: $K = 1... 1{,}2$ coeficientul dispersiei relative; Δ_m — cîmpul de dispersie a erorilor de măsurare a pieselor de probă; Δ_c — cîmpul de dispersie a erorilor de măsurare de la corecția reglajului.

Eroarea de prelucrare, ca urmare a reglării sistemului tehnologic cu ajutorul calibrelor sau etaloanelor, se stabilește cu relația:

$$\Delta_r = K\sqrt{\Delta_{c\cdot e}^2 + \Delta_{p\cdot e}^2 + \Delta_{a\cdot s}^2 + \Delta_{d\cdot c}^2} \qquad (1.21)$$

în care: $\Delta_{c\cdot e}$ este cîmpul de dispersie a erorilor de calcul a dimensiunii etalonului; $\Delta_{p\cdot e}$ — cîmpul de dispersie a erorilor de prelucrare mecanică a etalonului; $\Delta_{a\cdot s}$ — cîmpul de dispersie a erorilor de așezare a sculelor așchietoare la dimensiunea de lucru; $\Delta_{d\cdot c}$ — cîmpul de dispersie produs de deformațiile de contact între cărucioare și opritori.

41. Să se stabilească dimensiunea de reglare pentru prelucrarea prin strunjire a unei suprafețe cilindrice exterioare cu diametrul de $40 \pm 0{,}1$ mm, în lipsa erorilor sistematice constante. Reglarea se face în baza prelucrării anterioare a unui lot de piese pentru care s-a determinat $\sigma = 0{,}01$ mm. Numărul pieselor din fiecare grupă este 9.

Rezolvare. Folosindu-se reglarea sistemului tehnologic după metoda pieselor de probă, dimensiunea efectivă de reglare se determină cu relația (1.18), adică:

$$L_{r\cdot ef} = 39{,}9 + 3\cdot 0{,}01\left(1 + \frac{1}{\sqrt{9}}\right) = 39{,}94 \text{ mm}.$$

42. Să se determine eroarea de prelucrare la reglarea sistemului tehnologic după metoda pieselor de probă dacă la măsurarea pieselor de probă se introduce o eroare de 0,05 mm și corecția reglajului inițial se face cu o eroare de 0,03 mm.

Rezolvare. Prin aplicarea relației (1.20) considerînd că distribuția erorilor se face după legea normală de distribuție, adică coeficientul de dispersie relativă $K = 1$:

$$\Delta_r = \sqrt{\Delta_m^2 + \Delta_c^2} = \sqrt{0{,}05^2 + 0{,}03^2} = 0{,}06 \text{ mm}.$$

43. Să se determine eroarea de prelucrare la reglarea sistemului tehnologic după etalon în situația că la calculul dimensiunilor etalonului s-a introdus o eroare de 0,005 mm, la prelucrarea etalonului o eroare de 0,04 mm, la așezarea sculei la dimensiune o eroare de 0,006 mm, iar erorile ca urmare a deformațiilor de contact sînt de 0,01 mm.

Rezolvare. Folosind relația (1.21) în care se consideră coeficientul dispersiei relative $K = 1$:

$$\Delta_r = \sqrt{0{,}005^2 + 0{,}04^2 + 0{,}006^2 + 0{,}01^2} = 0{,}042 \text{ mm}.$$

1.6.1. Reglarea sistemelor tehnologice în cazul prelucrării pe mașini-unelte semiautomate și automate

Programarea ciclului de lucru pe mașini-unelte semiautomate constă în:

— întocmirea procesului tehnologic de prelucrare și a schemelor de prelucrare;

— întocmirea fișei de calcul pentru reglaj;

— întocmirea ciclogramei de lucru;

— proiectarea sistemelor de comandă (came, șabloane etc.).

La prelucrarea pe strunguri automate monoax, etapele sînt:

— proiectarea schemei de prelucrare;

— calculul de reglare și stabilirea regimului de așchiere;

— întocmirea ciclogramei și proiectarea camelor.

Prelucrarea pe mașini-unelte automate multiax se face respectînd următoarea ordine în vederea reglării lor:

— determinarea datelor inițiale; scule așchietoare, diametrul de prelucrat, adîncimea sau lățimea de așchiere, lungimea de prelucrat;

— calculul lungimii curselor de lucru și alegerea camelor;

— alegerea avansurilor;

— determinarea unghiurilor axului de comandă pentru cursele de lucru;
— calculul turației axelor principale;

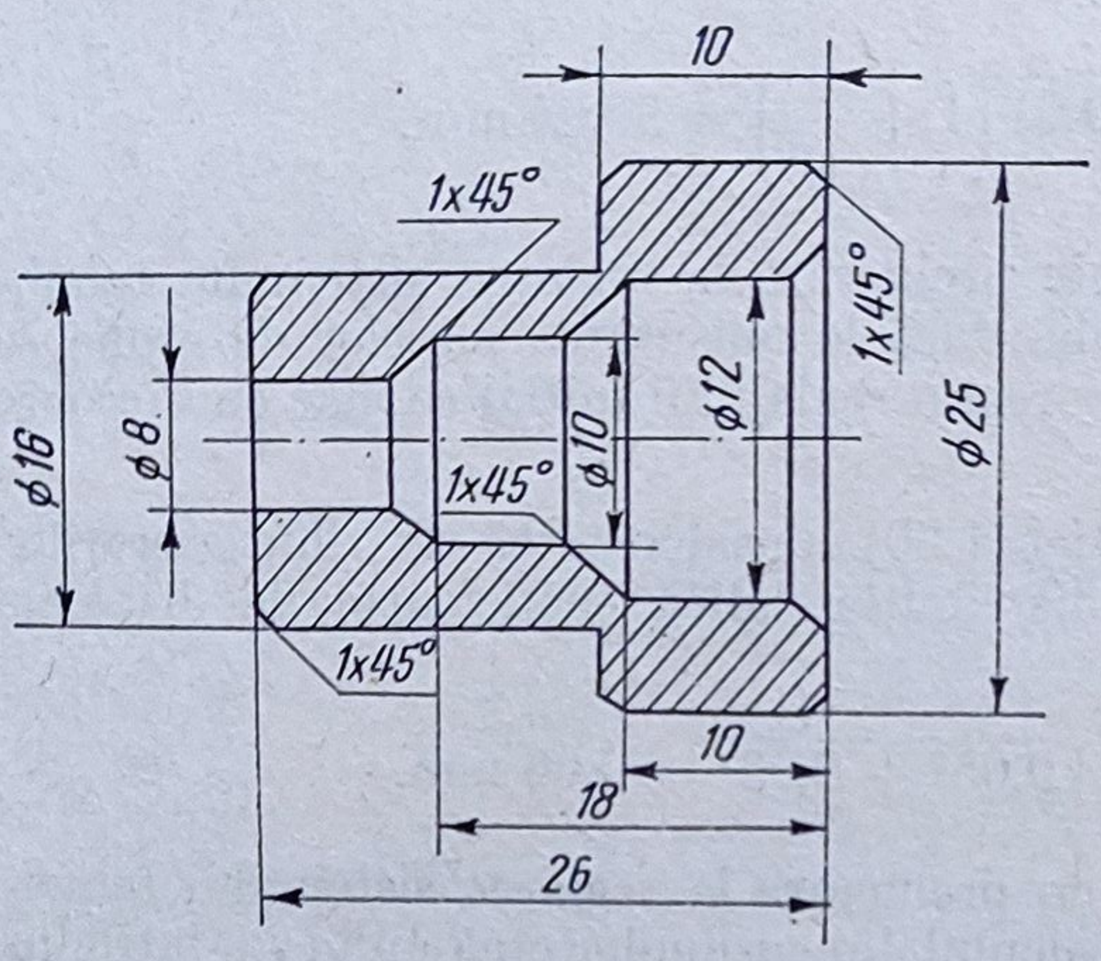


Fig 1.16.

— calculul timpului unitar;
— verificarea regimului de așchiere.

44. Să se întocmească fișa de calcul pentru reglaj la prelucrarea unei bucșe din OLC 45 pe un strung automat monoax cu cap revolver. Desenul piesei este prezentat în figura 1.16.

Rezolvare. Etapele pentru proiectare sînt:

1) *Alegerea mașinii-unelte.* Alegerea corectă se face după analiza desenului de execuție al piesei și al prelucrărilor necesare. Pentru realizarea piesei sînt necesare următoarele prelucrări: strunjire profilată cu avans transversal, găurire ⌀ 12 × 10, găurire ⌀ 10 × 8, găurire ⌀ 8 × 8, preretezare și retezare. Aceste operații se pot realiza pe un strung automat, monoax, cu cap revolver, tip SARO-42 ale cărui caracteristici sînt date în Anexa 1.2.

Anexa 1.2

Caracteristicile tehnice ale strungului SARO-42

Caracteristica tehnică	Domeniul
Diametrul barei:	
— pentru alimentare interioară, în mm	36
— pentru alimentare exterioară, în mm	42
Lungimea maximă de alimentare, în mm	100
Lungimea maximă de strunjire (suport spate), în mm	85
Cursa maximă a suporților transversali, în mm	40
Cursa maximă a turelei, în mm	85
Distanța maximă între turelă și arbore principal, în mm	220
Distanța minimă între turelă și arbore principal, în mm	80
Diametrul alezajelor turelei, în mm	25,4
Diametrul turelei, în mm	150
Cursa de reglaj a turelei, în mm	55
Turațiile arborelui principal, în rot/min, pentru:	
— strunjire	91/2310
— filetare	15/2310
Numărul de game de viteze	19
Numărul de viteze pentru strunjire, selecționate	38
Numărul de viteze pentru filetare, selecționate	190
Turația axului cu came în mers rapid, în rot/min	4
Timp de alimentare, în s	1
Timp de rotire a turelei, în s	1
Timp de schimbare a turației arborelui principal sau de schimbare a sensului de rotire, în s	0,25
Puterea motorului, în kW	5,5
Turația motorului, în rot/min	960

2) *Alegerea semifabricatului.* Avînd în vedere dimensiunea exterioară maximă a piesei, precum și materialul indicat în desenul de execuție se alege ca semifabricat un oțel rotund, calibrat, conform STAS 1800-69, cu dimensiunea: T ⌀ 25-h10 STAS 1800-69.

Semifabricatul se va livra în bare cu următoarele caracteristici:

— ovalitatea maximă admisă nu va depăși toleranța la dimensiune;

— pentru bara semifabricat se admite o săgeată de 3 mm/m.

Lungimea semifabricatului pentru o piesă se determină, cu relația:

$$l_s = l_p + b_r + a_f,$$

în care:

$l_p = 26$ mm este lungimea piesei de pe desen;

$b_r = 3$ mm — lățimea cuțitului de retezare;

$a_f = 0$ — adaosul pentru prelucrarea suprafeței frontale.

Astfel,

$$l_s = 26 + 3 = 29 \text{ mm}.$$

3) *Stabilirea succesiunii fazelor*

În funcție de posibilitățile tehnologice ale mașinii-unelte alese, se stabilesc fazele de lucru prezentate în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1

Nr. fazei	Denumirea fazei	Sania
1	Avansarea și limitarea materialului	Cap revolver
2	Strunjire profilată	Posterioară
3	Burghiere ⌀ 12 × 10 mm	Cap revolver
4	Burghiere ⌀ 10 × 8 și ⌀8 × 8 mm	Cap revolver
5	Preretezarea și teșirea	Posterioară
6	Retezarea	Posterioară

Din analiza succesiunii fazelor se constată că există posibilitatea suprapunerii următoarelor faze: faza 4 se execută cu un burghiu combinat, prelucrîndu-se simultan burghierea pe ⌀ 10 și ⌀8 mm. La faza 5 odată cu preretezarea se execută și teșirea capătului piesei.

4) *Determinarea parametrilor regimului de așchiere.* În baza indicațiilor din cartea mașinii se stabilesc următoarele valori pentru avansul sculelor:

— pentru strunjirea de profilare $s_2 = 0{,}04$ mm/rot;

— pentru burghiere ⌀ 12 mm $s_3 = 0{,}12$ mm/rot;

— pentru burghiere ⌀ 10 și ⌀ 8 mm $s_4 = 0{,}11$ mm/rot;

— pentru preretezare și teșire $s_5 = 0{,}07$ mm/rot;

— pentru retezare $s_6 = 0{,}08$ mm/rot.

Pentru realizarea fazelor, din cartea mașinii se adoptă următoarele valori pentru viteza de așchiere;

— pentru operația de strunjire transversală (retezare): $V_6 = 25$ m/min;

— pentru faza de strunjire de profilare: $V_1 = 40$ m/min;

— pentru faza de burghiere: $V_{3,4} = 30$ m/min.

Dacă se consideră că faza de strunjire de profilare va avea timpul cel mai mare de prelucrare (se ține cont și de regimurile de așchiere caracteristice acestei faze), se va alege pentru arborele principal turația corespunzătoare acestei faze:

$$n = \frac{1\,000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1\,000 \cdot 40}{\pi \cdot 25} = 308 \text{ rot/min.}$$

Din gama de turații a strungului SARO-42 se adoptă pentru arborele principal turația $n_{AP} = 320$ rot/min.

În funcție de viteza economică adoptată din cartea mașinii, valorile vitezelor de așchiere vor fi:

— pentru strunjirea transversală (profilare, preretezare, retezare): $V = 25{,}1$ m/min;

— pentru burghiere ⌀ 12 mm: $V = 12{,}05$ m/min;

— pentru burghiere ⌀ 10 mm: $V = 9{,}6$ m/min.

Pentru că faza cu secțiune maximă a așchiei este strunjirea de profilare, este necesară verificarea vitezei de așchiere pentru această fază.

Forța de așchiere se determină cu relația din Anexa 1.3

$$F_z = C_{F_z} \cdot s^{y_{F_z}} \cdot B,$$

în care:

$C_{F_z} = 180$; $y_{F_z} = 0{,}85$ iar $B = 19$ mm reprezintă lățimea sculei;

$$F_z = 180 \cdot 0{,}04^{0{,}85} \cdot 19 = 581{,}4 \text{ daN.}$$

Puterea necesară se determină cu relația cunoscută:

$$N = \frac{F_z \cdot V}{6\,120} = \frac{581{,}4 \cdot 40}{6\,120} = 3{,}8 \text{ kW.}$$

Avînd în vedere că puterea motorului de acționare este de 5,5 kW, rezultă că regimul de așchiere la această fază este realizabil.

Verificarea vitezei de așchiere din punctul de vedere al durabilității sculei așchietoare se face cu relația de calcul din Anexa 1.4:

$$V_{100} = \frac{21{,}5}{s^{0{,}35}} = \frac{21{,}5}{0{,}04^{0.35}} = 66{,}6 \text{ m/min.}$$

Pentru durabilitatea de 120 min necesară asigurării funcționării mașinii pe durata unui schimb, se folosește relația:

$V_{120} = V_{100} \cdot K_T$, în care introducînd valoarea $K_T = 0{,}95$ din Anexa 1.5, rezultă:

$$V_{120} = 66{,}6 \cdot 0{,}95 = 63 \text{ m/min.}$$

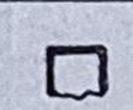
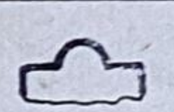
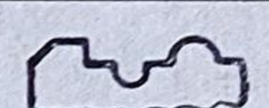
Formule pentru calculul forței principale de așchiere

Operația	Materialul de prelucrat	Relația de calcul	Valorile coeficientului și exponenților			
			C_{Fz}	x_{Fz}	y_{Fz}	z_{Fz}
Strunjire longitudinală	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65$ daN/mm²: AUT 12; AUT 20	$F_z = C_{Fz} \cdot t^{x_{Fz}} \cdot s^{y_{Fz}}$	145	1,00	0,80	
	Alamă		40	1,00	0,66	
	Duraluminiu		65	1,00	0,80	
Strunjire cu cuțite profilate	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65$ daN/mm²; AUT 12; AUT 20	$F_z = C_{Fz} \cdot s^{y_{Fz}} \cdot B$	180		0,85	
	Alamă		46,5		0,66	
	Duraluminiu		75		0,80	
Strunjire cu cuțite de canelat și retezat	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65$ daN/mm²; AUT 12; AUT 20		215		0,85	
	Alamă		48		1,00	
	Duraluminiu		78		1,00	
Burghiere și centruire	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65$ daN/mm²; AUT 12; AUT 20	$F_z = C_{Fz} \cdot s^{y_{Fz}} \cdot D^{z_{Fz}}$	68		0,70	1,00
	Alamă		20,4		0,70	1,00
	Duraluminiu		22,6		0,65	1,00
Adîncire cu adîncitor sau alezor	Oțel cu $\sigma_r \leqslant 65$ daN/mm²; AUT 12; AUT 20	$F_z = C_{Fz} \cdot t^{x_{Fz}} \cdot s^{y_{Fz}}$	34	1,3	0,7	
	Alamă		10,2	1,3	0,7	
	Duraluminiu		16,3	1,3	0,7	

Coeficient de corecție funcție de material

Material	AUT 12	OLC T15	T30MoCN14	OLC 45 TR	41C10	Rul 1
Coefic. de corecție	1	1,3	1,25	1,15	1,25	2,3

Coeficient de corecție funcție de profil

Profilul tăișului					
Coeficient de corecție	1	1	1,05	1,10	1,15

Pentru că viteza aleasă din cartea mașinii are o valoare mai mică decît cea admisibilă prin calcul, rezultă că este corespunzătoare.

5) *Întocmirea schițelor fazelor și calculul lungimii curselor de lucru*, cuprinde:

a) Avansarea și limitarea semifabricatului; se execută conform schiței din figura 1.17, pe lungimea de 34 mm, după care urmează retragerea capului revolver.

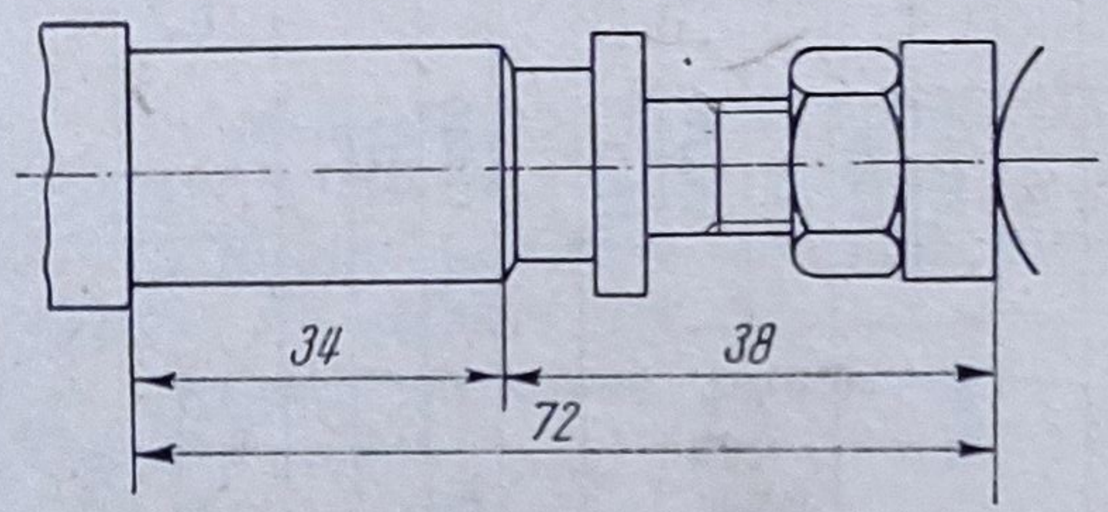


Fig. 1.17

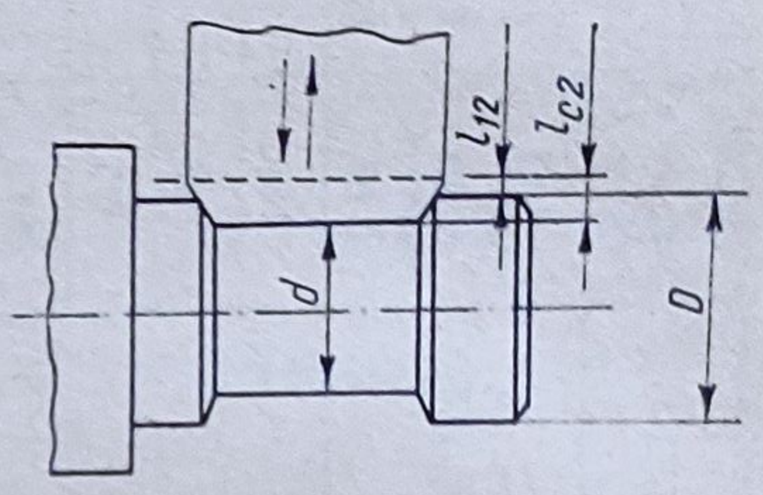


Fig. 1.18

b) Strunjirea profilată cu avans transversal al saniei posterioare pînă la ⌀ 16 mm, prezentată în figura 1.18. Lungimile curselor de lucru se determină cu relația:

$$l_{c2} = l_{12} + \frac{D-d}{2} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{25-16}{2} = 5{,}5 \text{ mm}.$$

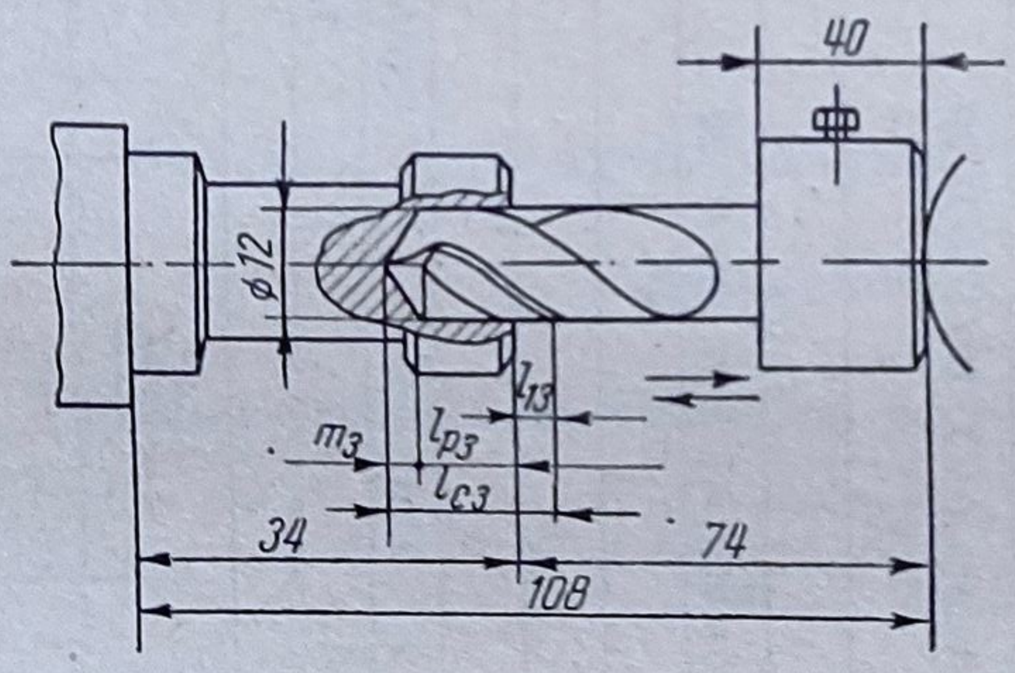


Fig. 1.19

c) Burghierea ⌀ 12 × 10 mm, cu rotirea capului revolver, prezentată schematic în figura 1.19; lungimea cursei burghiului se determină cu relația:

$$l_{c3} = l_{13} + l_{p3} + m_3 = (0{,}5 \ldots 1) + \\ + 10 + 0{,}3\,d.$$

Introducînd $d = 12$ mm, diametrul burghiului, rezultă:

$$l_{c3} = 14{,}6 \text{ mm} \simeq 15 \text{ mm}$$

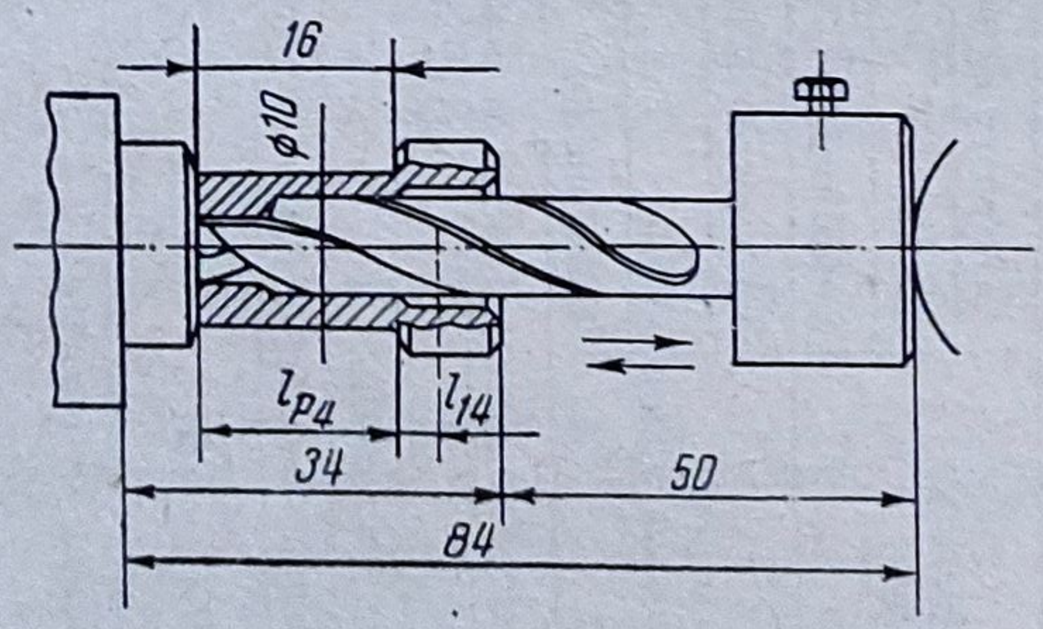


Fig. 1.20

d) Burghierea ⌀ 10 și ⌀ 8 mm pe lungimea de 16 mm, cu burghiu combinat, indicată în figura 1.20; lungimea de calcul pentru deplasarea burghiului se determină cu relația:

$$l_{c4} = l_{14} + l_{p4} = (0{,}5 \ldots 1) + \\ + 16 = 17 \text{ mm}.$$

e) Prezentarea și teșirea cu sania posterioară, urmată de re-

tragerea cuțitului la ⌀ 26 mm, prezentată în figura 1.21; lungimea cursei sculei se determină cu relația:

$$l_{c5} = l_{15} + l_{p5} = (0{,}5 \ldots 1) + 2 = 3 \text{ mm}.$$

f) Retezarea, constînd din apropierea cuțitului de pe sania posterioară, prezentată în figura 1.22; lungimea cursei cuțitului se determină cu relația:

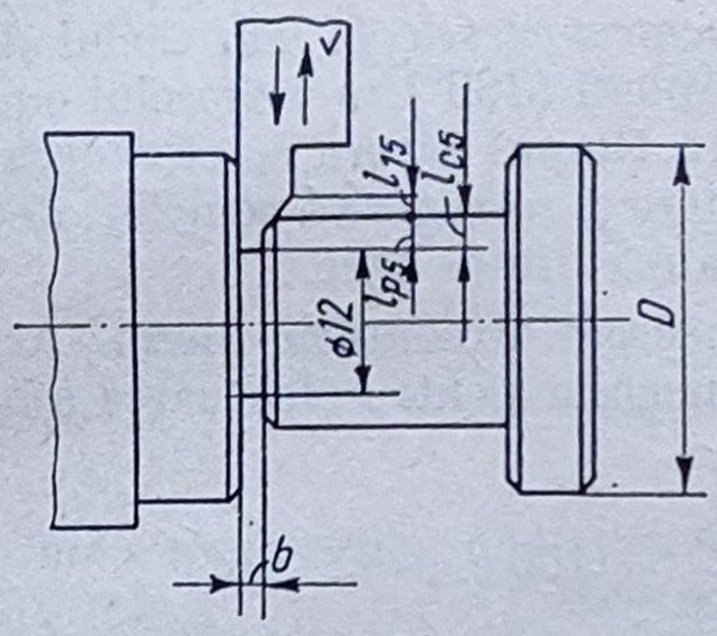


Fig. 1.21

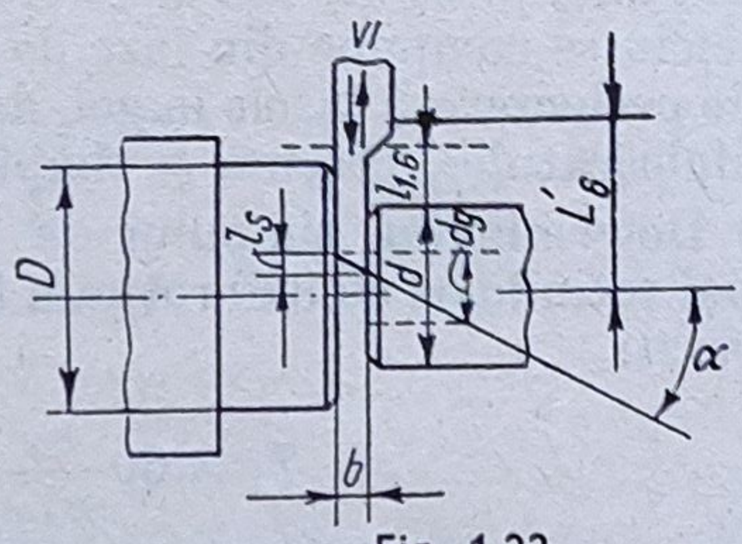


Fig. 1.22

$$l_{c6} = l_{16} + \frac{d - d_g}{2} + l_s + (0{,}5 \ldots 1)$$

$$l_{c6} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{16 - 8}{2} + b \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1$$

$$l_{c6} = 1 + 4 + 3 \cdot 0{,}27 + 1 = 6 \text{ mm}.$$

6) *Calculul numărului de rotații pe faze ale arborelui principal.* Pentru determinarea numărului de rotații pe faze ale arborelui principal la un ciclu de lucru, se calculează numărul de rotații pentru fiecare fază, cu relația:

$$n_i = \frac{L_j}{s_j},$$

în care L_j și s_j reprezintă lungimea cursei de lucru și respectiv avansul pentru faza j.

Numărul de rotații pe faze se determină:

— pentru strunjirea profilată: $n_2 = \frac{l_{c2}}{s_2} = \frac{5{,}5}{0{,}04} = 138$ rot;

— pentru burghiere ⌀ 12 mm: $n_3 = \frac{l_{c3}}{s_3} = \frac{15}{0{,}12} = 125$ rot;

— pentru burghiere ⌀ 10 și ⌀ 8 mm: $n_4 = \frac{l_{c4}}{s_4} = \frac{17}{0{,}11} = 155$ rot;

— pentru preretezare: $n_5 = \frac{l_{c5}}{s_5} = \frac{3}{0{,}07} = 43$ rot;

— pentru retezare:

$$n_6 = \frac{l_{c6}}{s_6} = \frac{6}{0{,}08} = 75 \text{ rot}.$$

Numărul total de rotații ale arborelui principal, necesar pentru realizarea piesei, este determinat de ciclurile de lucru ale turelei capului revolver:

$$n_T = n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 = 138 + 125 + 155 + 43 + 75$$

$$n_T = 536 \text{ rot.}$$

7) *Determinarea numărului de grade pentru cursele în gol.* Ciclul de prelucrare a unei piese are loc la o rotație completă (360°), a arborelui cu came. Acest ciclu se compune din faze de lucru, în timpul cărora se efectuează procesul de prelucrare și fazele în gol, de apropiere și retragere a sculelor, de fixare a semifabricatului, precum și timpul de pauză dintre faze.

a) Determinarea timpului de lucru necesar executării piesei. Arborele principal rotindu-se cu 320 rot/min timpul necesar pentru efectuarea a 536 rotații va fi:

$$T_l = 60 \frac{n_T}{n_{AP}} = 60 \frac{536}{320} = 100 \text{ s.}$$

Durata aproximativă a curselor în gol (alimentare, rotirea turelei) se determină cu relația:

$$T_g = (0{,}2 \ldots 0{,}4)\ T_l = 0{,}2 \cdot 100 = 20 \text{ s.}$$

Durata aproximativă pentru prelucrarea unei piese va fi de: $T = T_l + T_g = 120$ s.

b) Determinarea numărului de grade pentru cursa în gol. Din cartea mașinii, în funcție de durata aproximativă a prelucrării, se poate determina numărul de grade pentru alimentarea și rotirea turelei:

— alimentare ..... 7°

— rotirea capului revolver $4 \times 7° = 28°$

Total $\alpha_g = 35°$

8) *Determinarea numărului de grade pe camă pentru fazele de lucru.* Avînd suma unghiurilor, în grade, pentru cursele în gol se poate determina suma unghiurilor pentru cursele de lucru:

$$\alpha_l = 360° - \alpha_g = 360° - 35° = 325°.$$

Valoarea unghiului de rotație pentru fiecare fază de lucru se determină cu relația:

$$\alpha_i = \frac{\alpha_l}{n_T} n_f,$$

în care:

$\alpha_l = 325°$; $n_T = 536$ rot, iar n_f reprezintă numărul de rotații pentru fiecare fază de lucru.

Astfel,

$$\alpha_{l2} = \frac{325}{536} \cdot 138 = 83°$$

$$\alpha_{l3} = \frac{325}{536} \cdot 125 = 76°$$

$$\alpha_{l4} = \frac{325}{536} \cdot 155 = 94°$$

$$\alpha_{l5} = \frac{325}{536} \cdot 43 = 26°$$

$$\alpha_{l6} = \frac{325}{536} \cdot 75 = 46°.$$

Suma unghiurilor de lucru va fi:

$$\alpha_l = \alpha_{l2} + \alpha_{l3} + \alpha_{l4} + \alpha_{l5} + \alpha_{l6} = 83 + 76 + 94 + 26 + 46 = 325°.$$

9) *Determinarea razelor la începutul şi sfîrşitul fiecărei curse.* Pentru a determina razele la începutul şi sfîrşitul fiecărei curse se pleacă de la valorile maxime şi minime ale razei date în cartea maşinii. Pentru SARO-42 aceste valori sînt: $R_{max} = 125$ mm şi $R_{min} = 40$ mm.

Razele pentru cama capului revolver se determină cu relaţia:

$$R_i = R_{max} + L_{min} - L_i \, [\text{mm}]$$

şi se începe cu cazul cînd distanţa dintre bucşă şi turelă este minimă. L_{min} este distanţa minimă dintre bucşa elastică de strîngere şi capul revolver. L_i — distanţa între bucşă şi capul revolver la fiecare fază de lucru.

Astfel,

— pentru alimentare:

$$R_{1 \cdot max} = R_{1 \cdot min} = 125 \text{ mm}$$

— pentru burghiere la ⌀ 12 mm:

$$R_{3 \cdot max} = R_{max} + L_{min} - L_3 = 125 + 72 - 108 = 89 \text{ mm}$$

$$R_{3 \cdot min} = R_{3 \cdot max} - l_{c3} = 89 - 15 = 74 \text{ mm}$$

— pentru burghiere la ⌀ 10 şi ⌀ 8 mm:

$$R_{4 \cdot max} = R_{max} + L_{min} - L_4 = 125 + 72 - 84 = 113 \text{ mm}$$

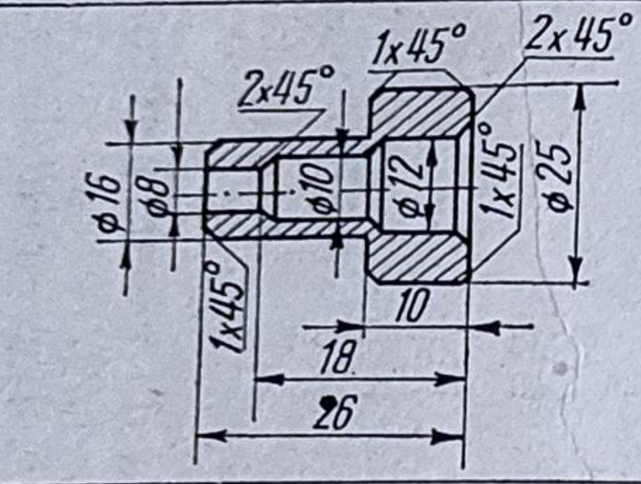
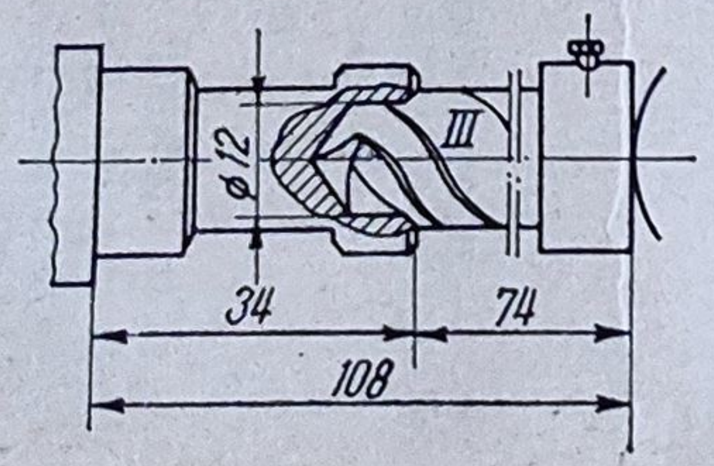
$$R_{4 \cdot min} = R_{4 \cdot max} - l_{c4} = 113 - 17 = 96 \text{ mm}.$$

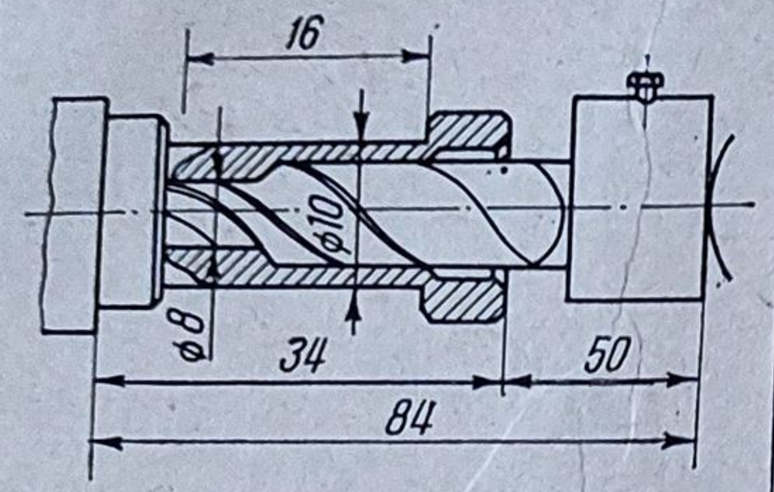
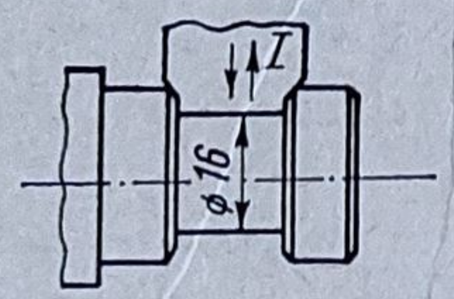
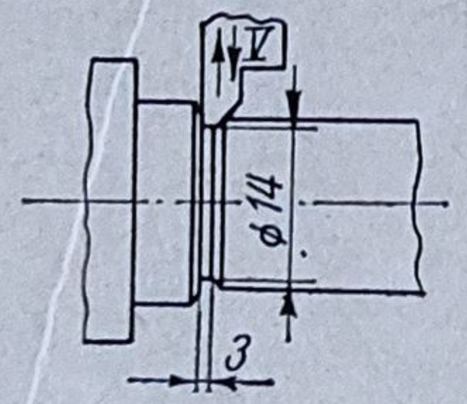
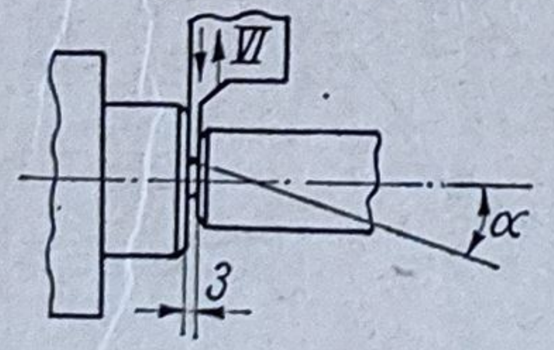
Cu ajutorul datelor calculate se întocmeşte fişa de calcul pentru reglaj a strungului automat monoax tip SARO-42 (tab. 1.2).

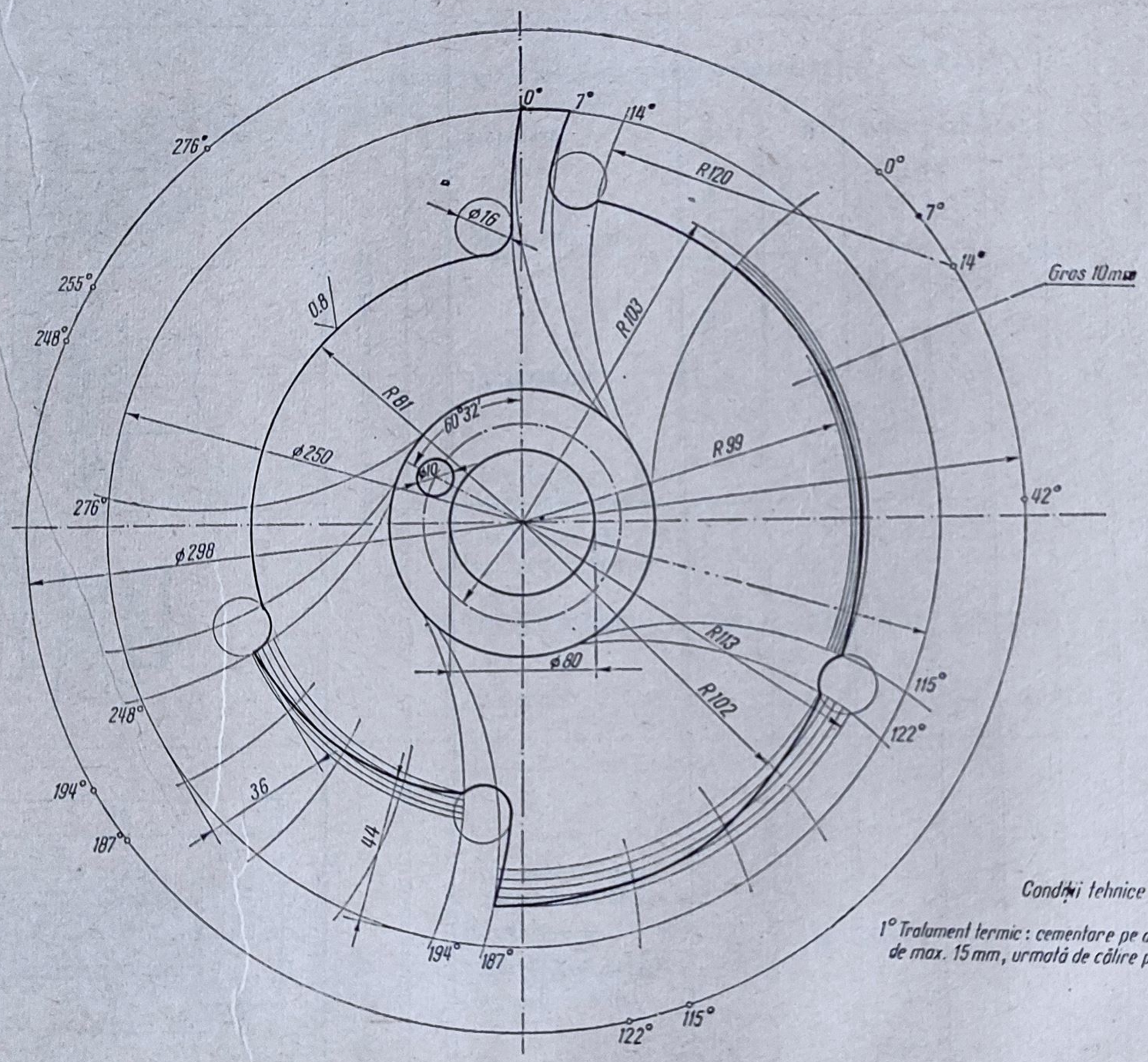
De asemenea se proiectează cama pentru capul revolver cu datele calculate (fig. 1.23).

Tabelul 1.

Foaie de calcul pentru reglarea strungului SARO — 42

Schița faz ei (1)	Lucrează	Nr. crt.	Succesiunea fazelor	Viteza de așchiere, în m/min	Cursa de lucru, în mm	Avansul, în mm/rot	Număr de rotații pe fază		Grade pe camă				Raza camei	
							Calculate	Utilizate	Cursă auxiliară	Cursă de lucru	De la:	Până la:	La început	La sfîrșit
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	revolver	1	Înaintarea și oprirea materialului						7		0	7	125	125
			Retragere și rotire cap revolver						7		7	14	99	99
		3	Centruire		4	0,04	100	100		72	43	113	98	102
			Retragere și rotire cap revolver						7		113	120	102	102
		4	Burghiere ø 12×10	12,05	12	0,12	100	100		72	120	192	102	114
			Retragere și rotire cap revolver						7		192	199	81	81

	Cap	5	Burghiere ø10×8 și ø 8×8 Retragere și rotire cap revolver	9,6	8	0,11	73	73	 7	53	199 252	252 259	81 89	89 89
	Sanie posterioară	2	Strunjire profil	25,1	5,5	0,04	138	138		99	14	113	97,5	103
		6	Preretezare	25,1	2	0,07	29	29		20	259	279	81	81
		7	Retezare	25,1	9	0,08	114	114		81	279	360	81	81



Condiții tehnice

1° Tratament termic: cementare pe adîncime de max. 15 mm, urmată de călire pînă la 55–60 HRC

Fig. 1.23

45. Să se întocmească fișa de reglaj pentru prelucrarea unui șurub de aerisire executat din OL 50 STAS 500-68 pe un strung automat cu cap revolver. Desenul piesei este prezentat în figura 1.24 [29].

Rezolvare. 1) *Alegerea mașinii-unelte.* Luînd în analiză desenul de execuție al piesei se constată că prelucrarea poate să fie executată pe strunguri universale, revolver, automate.

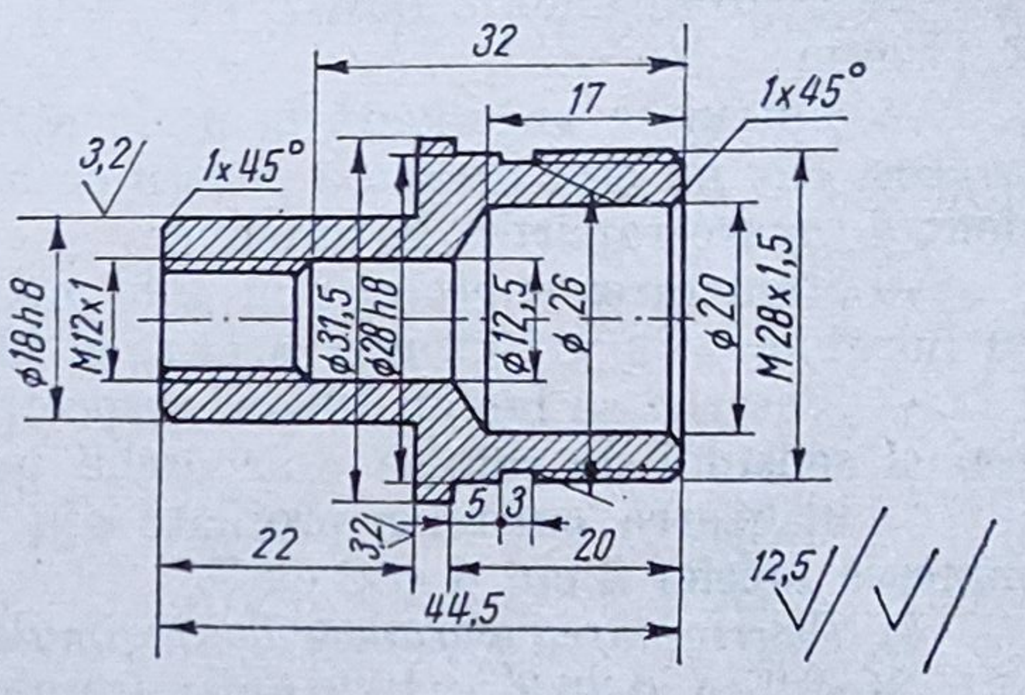


Fig. 1.24

Pentru că piesa prezintă un număr mare de suprafețe în trepte, interioare și exterioare, este necesar un strung automat, cu posibilități de fixare a unui mare număr de scule, cu avans longitudinal și transversal. Acest lucru se poate realiza foarte bine pe un strung revolver automat. Ținînd seama de forma și dimensiunile piesei se alege strungul revolver automat SKODA A 40.

2) *Alegerea semifabricatului.* Pentru că materialul recomandat face parte din grupa oțelurilor cu așchii de curgere, care nu sînt recomandate la prelucrarea pe strungurile automate, se propune înlocuirea cu Aut 20 STAS 1350-67. Pornind de la diametrul maxim al piesei (⌀ 31,5) se alege ca semifabricat oțel rotund calibrat tras T ⌀ 32-h 11 STAS 1800-69/Aut 20, cu lungimi de livrare de la 2 la 6 m.

Lungimea semifabricatului pentru o piesă se determină cu relația:

$$l_s = l_p + b_r + a_f = 44{,}5 + 3 + 0 = 47{,}5 \text{ mm}$$

în care s-a considerat adaosul pentru strunjirea frontală $a_f = 0$, pentru că dimensiunile axiale nefiind tolerate nu este necesară prelucrarea frontală și $b_r = 3$ mm, lățimea cuțitului de retezare.

3) *Stabilirea succesiunii și suprapunerii fazelor necesare prelucrării.* În tabelul 1.3 sînt prezentate fazele necesare precum și sania și poziția sculei.

Tabelul 1.3

Nr. fazei	Denumirea fazei	Sania	Poziția
1	Avansul materialului, tamponare	Capului revolver	I
2	Strunjire ⌀28,2 × 19,8 mm Burghiere ⌀ 20 × 17 mm		II
3	Strunjire profilată ⌀ 31,5/⌀ 28/⌀ 26 și teșire 1 × 45°	Posterioară	—
4	Burghiere ⌀ 12,4 × 15 mm	Cap revolver	III
5	Filetare M 28 × 1,5 mm		IV
6	Burghiere ⌀ 10,9 × 16 și teșire int. 1 × 45°		V
7	Strunjire profilată ⌀ 18 × 22 mm	Anterioară	—
8	Tarodare M 12 × 1 mm	Cap revolver	VI
9	Retezare	Superioară	—

Din analiza traseului tehnologic se constată:

— pentru asigurarea preciziei de prelucrare la cota ∅ 28 mm în clasa h8 s-a prevăzut prelucrarea cu un cuțit profilat, cu avans transversal după strunjirea de degroșare de la faza 2, care este suprapusă cu burghierea la ∅ 20 × × 17 mm;

— centruirea anterioară la prelucrările alezajelor pe strunguri automate în acest caz nu este necesară pentru că burghiul folosit are un diametru suficient de mare raportat la lungime;

— prelucrarea suprafeței cu ∅18 mm se face cu cuțit profilat concomitent cu burghierea la ∅10,9 mm pentru M 12 × 1;

— filetările se fac cu filiera, respectiv cu tarodul, prin schimbarea turației și sensului de rotație a arborelui principal;

— utilizarea cuțitelor profilate din săniile transversale, permite suprapunerea fazelor 3 cu 4 și 6 cu 7.

4) *Determinarea parametrilor regimului de așchiere.* Pentru *faza 2:*

Strunjire ∅28,2 × 19,8 mm; Burghiere ∅20 × 17 mm; adîncimea de așchiere va fi:

$$t = \frac{32 - 28{,}2}{2} = 1{,}9 \text{ mm}.$$

Din valorile recomandate pentru avansuri în condițiile prelucrării din exemplul prezentat, pentru strunjire: 0,06 ... 0,15 mm/rot; pentru burghiere 0,08 ... 0,12 mm/rot.

Se alege pentru avans valoarea de 0,12 mm/rot pentru ambele prelucrări.

Din Anexa 1.4 viteza de așchiere se determină cu relațiile:

— pentru strunjire:

$$V_{100} = \frac{39}{t^{0,16} \cdot s^{0,2}} = \frac{39}{1{,}9^{0,16} \cdot 0{,}12^{0,2}} = 54 \text{ m/min};$$

— pentru burghiere:

$$V_{100} = \frac{2{,}4 \cdot D^{0,4}}{s^{0,7}} = \frac{2{,}4 \cdot 20^{0,4}}{0{,}12^{0,7}} = 42 \text{ m/min}.$$

Turațiile acestor faze sînt:

— pentru strunjire:

$$n = \frac{1\,000 \cdot V}{\pi \cdot D_{med}} = \frac{1\,000 \cdot 54}{\pi \cdot 30} = 575 \text{ rot/min};$$

— pentru burghiere:

$$n = \frac{1\,000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1\,000 \cdot 42}{\pi \cdot 20} = 670 \text{ rot/min}.$$

Forțele de așchiere se determină cu relațiile din Anexa 1.3:

— pentru strunjire:

$$F_s = 145 \cdot 1{,}9^{1,0} \cdot 0{,}12^{0,8} = 50{,}5 \text{ daN};$$

— pentru burghiere:

$$F_b = 68 \cdot 0{,}12^{0,7} \cdot 20^{1,0} = 307 \text{ daN}.$$

Anexa 1.4

Formule pentru calculul vitezei de aşchiere

Materialul de prelucrat	Operaţii de strunjiri longitudinale	Operaţii de profilare	Operaţii de strunjiri de retezare	Operaţii de burghiere
Aut A 12 şi A 20 $\sigma_r = 65$ daN/mm²	$s < 0{,}2$ mm/rot $V_{100} = \frac{39}{t^{0,16} \cdot s^{0,2}}$	$s < 0{,}05$ mm/rot $V_{100} = \frac{21{,}5}{s^{0,35}}$	$s \leqslant 0{,}05$ mm/rot $V_{100} = \frac{19{,}1}{s^{0,4}}$	$s < 0{,}2$ mm/rot $V_{100} = \frac{2{,}4 \cdot D^{0,4}}{s^{0,7}}$
	$s \geqslant 0{,}2$ mm/rot $V_{100} = \frac{31{,}8}{t^{0,16} \cdot s^{0,3}}$	$s \geqslant 0{,}05$ mm/rot $V_{100} = \frac{12{,}6}{s^{0,5}}$	$s > 0{,}05$ mm/rot $V_{100} = \frac{12{,}15}{s^{0,55}}$	$s > 0{,}2$ mm/rot $V_{100} = \frac{3{,}3 \cdot D^{0,4}}{s^{0,5}}$
Bronz	$V_{100} = \frac{57{,}2}{t^{0,1} \cdot s^{0,25}}$	$V_{100} = \frac{15{,}6}{s^{0,5}}$	$V_{100} = \frac{16{,}1}{s^{0,3}}$	$s < 0{,}2$ $V_{100} = \frac{4{,}2 \cdot D^{0,4}}{s^{0,7}}$ $s > 0{,}2$ $V_{100} = \frac{5{,}75 \cdot D^{0,4}}{s^{0,5}}$
Duraluminiu	$V_{100} = \frac{71{,}1}{t^{0,16} \cdot s^{0,35}}$	$V_{100} = \frac{21}{s^{0,5}}$	$V_{100} = \frac{25{,}5}{s^{0,5}}$	$s < 0{,}2$ $V_{100} = \frac{7{,}7 \cdot D^{0,4}}{s^{0,7}}$ $s > 0{,}2$ $V_{100} = \frac{10{,}3 \cdot D^{0,4}}{s^{0,5}}$

Viteze de aşchiere pentru strunguri automate

1. Strunjiri longitudinale ale oţelurilor Aut 12 şi Aut 20

Adîncimea de aşchiere (mm)	Avansul, în mm/rot														
	≤0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80
	Viteza de aşchiere V_{100}, în m/min														
≤1	62	60	57	56	54	53	50	48	46	44	42	41	38	37	35
1,5	58	56	54	52	51	50	47	45	43	41	40	38	36	34	33
2	56	54	51	50	49	48	45	43	41	39	37	36	34	33	32
2,5	54	52	50	48	47	46	44	42	40	38	36	35	33	32	31
3	52	50	49	47	46	45	43	41	38	36	35	36	35	34	30
4	49	47	46	45	44	43	39	37	36	34	33	32	31	30	29
5	48	46	44	44	43	42	38	36	35	33	32	30	30	30	28
6	46	45	44	43	42	41	37	35	34	32	31	30	29	28	27

2. Strunjiri de profilare

Avans (mm/rot)	≤0,03	0,035	0,04	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14
Viteza V_{100}	73	70	67	65	61	58	56	54	52	50	49	48	47	44	41	40	37

a. La strunjirea semifabricatelor poligonale valorile se înmulţesc cu un coeficient de 0,85;
b. Pentru operaţiile de finisare valorile de mai sus se înmulţesc cu un coeficient de 0,8;
c. Pentru profile şi proeminenţe mari se înmulţesc cu 0,85.

3. La retezare și preretezare

Avansul (mm/rot)	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,24
Viteza (m/min)	70	63	57	53	48	45	43	41	39	35	33	31	29	26

I. Coeficient de corecție funcție de materialul semifabricatului

Material		Aut 12 Aut 20	OLC 10 T	OLC 15 T	OLC 25 T	OLC 35 T	OLC 45 T	17 M 13	15 C 17	21 TMC12	32 M 13	41 C 10	Rul 1	T 30 M_0 CN 14
Duritate Brinell (*HB*		150—235	135—200	150—210	170—230	190—240	150—210	150—220	170—230	170—240	190—270	170—230	170—230	170—240
Coeficientul de corecție	pentru profil	1	0,6	0,65	0,65	0,6	0,55	0,65	0,7	0,75	0,55	0,50	0,3	0,56
	strunjire longitudinală și retezare	1	0,75	0,80	0,80	0,75	0,70	0,80	0,8	0,80	0,65	0,60	0,35	0,70

II. Coeficient de corecție funcție de durabilitatea sculei

Durabilitatea *T*, în min		30	60	100	120	180	240	300
Coeficientul de corecție	strunjire longitudinală	1,27	1,11	1	0,96	0,89	0,84	0,80
	profilare și retezare	1,41	1,15	1	0,95	0,84	0,77	0,73

III. Coeficient de corecție în funcție de diametrul de profilare și retezare

Diametrul *D*, în mm	⩾12	13...18	⩾18
Coeficientul de corecție	0,80	0,90	1

Forţa totală pe fază va fi:

$$F_t = F_s + F_b = 50{,}5 + 307 = 357{,}5 \text{ daN}.$$

Puterea necesară pentru realizarea acestei faze:

$$P_2 = \frac{1}{6\,120}(F_s \cdot V_s + F_b \cdot V_b) = \frac{1}{6\,120}(50{,}5 \cdot 54 + 307 \cdot 42) = 2{,}7 \text{ kW}.$$

Puterea este corespunzătoare pentru că maşina asigură o putere de 4 kW.

Faza 3 — Strunjire profilată. Din Anexa 1.7 pentru ⌀ 28 mm şi lăţimea $B = 24{,}5$ mm se recomandă un avans pentru finisare de $s = 0{,}09 \cdot 0{,}9 = 0{,}08$ mm/rot. Din recomandările din cartea maşinii se constată că rigiditatea nu permite acest avans şi se alege avansul de 0,03 mm/rot.

Viteza de aşchiere se determină cu relaţia din Anexa 1.4 şi cu coeficientul de corecţie din Anexa 1.5, astfel:

$$v_3 = \frac{21{,}5}{s^{0{,}35}} K_{fin} = \frac{21{,}5}{0{,}03^{0{,}35}} \cdot 0{,}8 = 58{,}5 \text{ m/min}.$$

Turaţia corespunzătoare:

$$n_3 = \frac{1\,000 \cdot V_3}{\pi \cdot D} = \frac{1\,000 \cdot 58{,}5}{\pi \cdot 28} = 665 \text{ rot/min}.$$

Anexa 1.6

Caracteristicile strungului automat SKODA 40

Diametrul maxim al materialului, în mm	40
Diametrul maxim al materialului cu dispozitivul de avans exterior, în mm	46
Înaintarea maximă a materialului la o împingere, în mm	100
Diametrul maxim de filetat fără folosirea pieptenului de filetat, în mm:	
— alamă	M 36
— oţel	M 28
Diametrul maxim de filetat la folosirea pieptenului, în mm	M 36
Turaţia la strunjire, în rot/min	170...2 100
Numărul de trepte	8
Turaţia la filetare în rot/min	65...820
Numărul de trepte	16
Diametrul locaşurilor pentru scule în capul revolver, în mm	25
Numărul locaşurilor în capul revolver	6
Cursa maximă a sculelor din capul revolver, în mm	80
Distanţa între capul revolver şi cleştele de fixare sau ax, în mm:	
— maximă	190
— minimă	68
Cursa maximă a saniei laterale, în mm	45
Turaţia motorului electric de acţionare, în rot/min	1 420
Puterea motorului, în kW	4

Observaţie: 1) Diametrul capului revolver este de 150 mm;
2) Raportul turaţiilor strunjire/filetare este 5:1.

Forţa de aşchiere după tabelul Anexă 1.3:

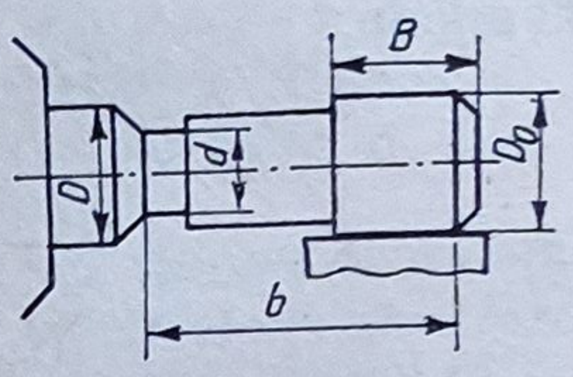
$$F_z = C_{F_z} \cdot s^{y_z} \cdot B \cdot K_m \cdot K_{pr} = 180 \cdot 0{,}03^{0{,}85} \cdot 24{,}5 \cdot 1.1{,}05 = 236 \text{ daN}.$$

Puterea necesară:

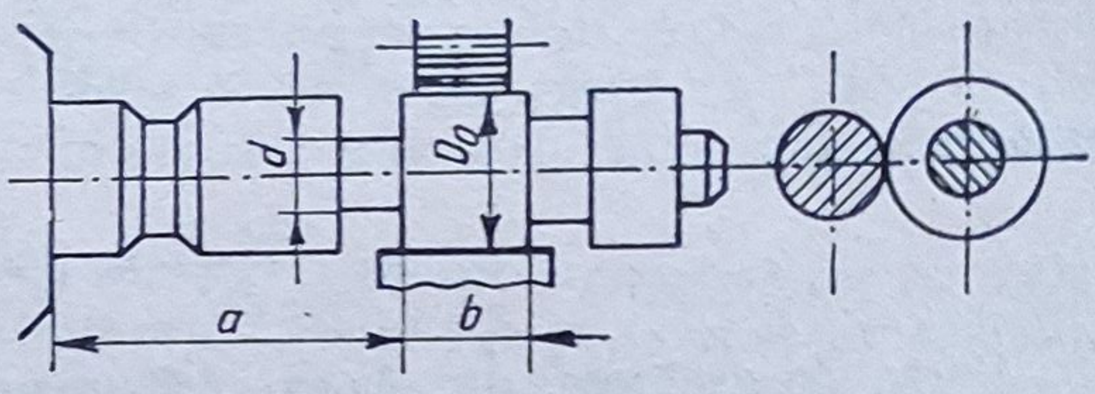
$$P_3 = \frac{F_z \cdot V_3}{6\,120} = \frac{236 \cdot 58{,}5}{6\,120} = 2{,}8 \text{ kW}, \text{ care este asigurată de puterea motorului de pe maşină.}$$

Valorile avansului pentru profilarea de finisare

Fără rolă de sprijin



Cu rolă de sprijin



Adaos de finisare (mm)	Diametrul de prelucrare, D (mm)						
	5	8	10	15	20	30	⩾40
	Avansul, s (mm/rot)						
0,1	0,030	0,050	0,060	0,070	0,080	0,09	0,10
0,2	0,025	0,045	0,050	0,060	0,070	0,09	0,09
0,3	0,020	0,040	0,045	0,050	0,060	0,08	0,08
0,4	0,015	0,030	0,035	0,045	0,050	0,08	0,08
0,5	0,015	0,020	0,030	0,040	0,045	0,07	0,07

I. Coeficient de corecție pentru așchiere fără rolă de sprijin

Lățimea de prelucrat (mm)	Diametrul degajării, d (mm)					
	5	8	10	12	14	⩾16
	Coeficient de corecție					
⩽15	0,5	0,9	1	1	1	1
20	0,75	0,8	0,9	0,95	0,95	1
25	—	0,75	0,85	0,9	0,9	0,9
30	—	0,7	0,75	0,8	0,85	0,85
40	—	0,65	0,7	0,75	0,8	0,8
50	—	—	0,55	0,6	0,7	0,75
60	—	—	0,5	0,55	0,6	0,7
70	—	—	—	0,5	0,5	0,6

II. Coeficient de corecție la așchiere cu rolă de sprijin

Lățimea de profilat (mm)	Lungimea „a“							
	⩽20				>20			
	Diametrul d (mm)							
	5	8	10	⩾12	5	8	10	⩾12
	Coeficient de corecție							
⩽15	0,7	1	1	1	0,6	1	1	1
20	0,65	0,9	1	1	0,55	0,9	0,95	1
25	0,6	0,85	0,95	0,95	0,5	0,85	0,9	0,9
30	0,55	0,8	0,9	0,9	—	0,8	0,85	0,85
40	—	0,75	0,85	0,85	—	0,75	0,8	0,8
50	—	0,7	0,75	0,8	—	0,7	0,7	0,75
60	—	0,6	0,7	0,75	—	0,6	0,6	0,7
70	—	0,55	0,65	0,7	—	—	0,5	0,6

1. Datele din tabel se referă la strunguri automate cu rigiditate mare.

Faza 4 — Burghiere ⌀12,5 × 15. Din recomandările pentru avans la mașina aleasă se adoptă avansul de 0,1 mm/rot.

Viteza de așchiere, din Anexa 1.4, se calculează cu relația:

$$V_4 = \frac{2{,}4 \cdot D^{0,4}}{s^{0,7}} = \frac{2{,}4 \cdot 12{,}5^{0,4}}{0{,}1^{0,7}} = 33 \text{ m/min},$$

iar turația cu:

$$n_4 = \frac{1\,000 \cdot 33}{\pi \cdot 12{,}5} = 840 \text{ rot/min}.$$

Forța de așchiere, din Anexa 1.3, rezultă:

$$F_4 = 68 \cdot 0{,}1^{0,7} \cdot 12{,}5^{1} = 170 \text{ daN}.$$

Puterea necesară va fi:

$$P = \frac{F_4 \cdot V_4}{6\,120 \cdot 0{,}8} = \frac{170 \cdot 33}{6\,120 \cdot 0{,}8} = 1{,}15 \text{ kW},$$ care de asemenea este asigurată de puterea motorului mașinii.

Dacă se continuă a se calcula parametrii regimului de așchiere în același mod și pentru restul de faze se va constata că atît puterea cît și durabilitatea sculelor este corespunzătoare.

Ca urmare a calculelor efectuate se poate trece la alegerea turațiilor arborelui principal al strungului. Ținînd seama de posibilitățile strungului, care permite schimbarea automată a patru turații, două pe dreapta și două pe stînga, în tabelul 1.4 se prezintă turațiile adoptate pe fiecare fază de lucru.

Alegerea turațiilor arborelui principal *Tabelul 1.4*

Nr. crt.	Denumirea fazei	Regim de așchiere				
		Calculat		Ales		
		v m/min	n rot/min	n_{AP} rot/min	v m/min	s mm/rot
1	Avansul materialului, Tamponare	—	—	—	—	—
2	Strunjire ⌀ 28,2 × 19,8 Burghiere ⌀ 20 × 17	54 42	575 670	710	63	0,12
3	Strunjire profilată ⌀ 31,5/⌀ 28/ ⌀ 26 Teșire 1 ×45°	58	665	710	62,3	0,03
4	Burghiere ⌀ 12,5 × 15	33	840	710	28	0,10
5	Filetare M28 × 1,5	13	147	90	7,9	1,50
6	Burghiere ⌀ 10,9 Teșire int. 1 × 45°	54	1 570	710	24,2	0,08
7	Strunjire profilată ⌀ 18×22	73,4	1 300	710	40,1	0,025
8	Tarodare M 12 × 1	9	238	360	13,6	1,00
9	Retezare	57	1 008	710	40	0,06

Din analiza tabelului se constată că turaţia de 710 rot/min aleasă, depăşeşte turaţiile calculate de la fazele 2 şi 3, dar în baza faptului că sculele participă la ciclul de prelucrare a piesei doar 15 ... 20% din timpul total de prelucrare a piesei, scăderea durabilităţii este neînsemnată şi nu afectează timpul de reglare a sculelor stabilit iniţial (odată pe schimb). De asemenea la recalcularea vitezelor de aşchiere nu se constată diferenţe mari faţă de cele iniţial calculate şi deci puterea motorului este suficientă chiar în aceste condiţii.

5) *Întocmirea schiţelor fazelor şi calculul lungimii curselor de lucru.* Avînd în vedere succesiunea fazelor stabilită prin tabelul 1.3, precum şi dimensiunile port-sculelor existente în dotarea acestor maşini, se întocmeşte, la scară, schiţa fazelor în poziţia finală a prelucrării.

Faza 1. Avansul materialului şi tamponare (fig. 1.25). Lungimea cursei se determină cu relaţia:

$$l_{c1} = l_{s1} + L_{s1},$$

în care

$$l_{s1} = K + b_r + l_p + a_f = (6 \dots 10) + 3 + 44{,}5 + 0 = 53{,}5 \dots 57{,}5 \text{ mm};$$

se alege

$$l_{s1} = 54 \text{ mm}.$$

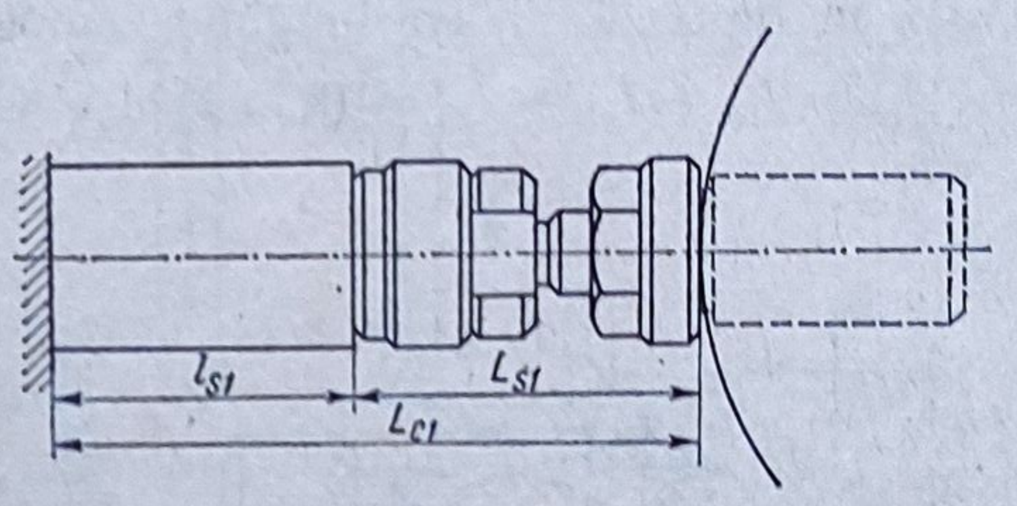


Fig. 1.25

Lungimea tamponului rotativ ales din trusa de scule a maşinii este:

$$L_{s1} = 55 \dots 80 \text{ mm}.$$

Astfel,

$$l_{c1} = 54 + (55 \dots 80) = 109 \dots 134 \text{ mm}.$$

Valoarea efectivă se stabileşte după determinarea lungimii de închidere de la faza 2.

Faza 2. Strunjire ⌀ 28,2 × 19,8 mm şi burghiere ⌀ 20 × 17 mm, (fig. 1.26). Adoptînd suportul port-cuţit prezentat în figura 1.25, lungimea cursei de lucru se determină cu relaţia:

$$l_{c2} = l_{12} + l_{p2} + l_{a2} + l_{22} = (1 \dots 2) + \frac{d_b}{2} \operatorname{ctg} \alpha + 17 + 0 = (1 \dots 2) + \frac{20}{2} \operatorname{ctg} 60° + 17 + 0 = 23{,}5 \text{ mm}.$$

Lungimea de închidere se stabileşte cu relaţia:

$$L_2 = l_{s1} + K + L_{s2} = 54 + (10 \dots 20) + 38 = 112 \text{ mm}.$$

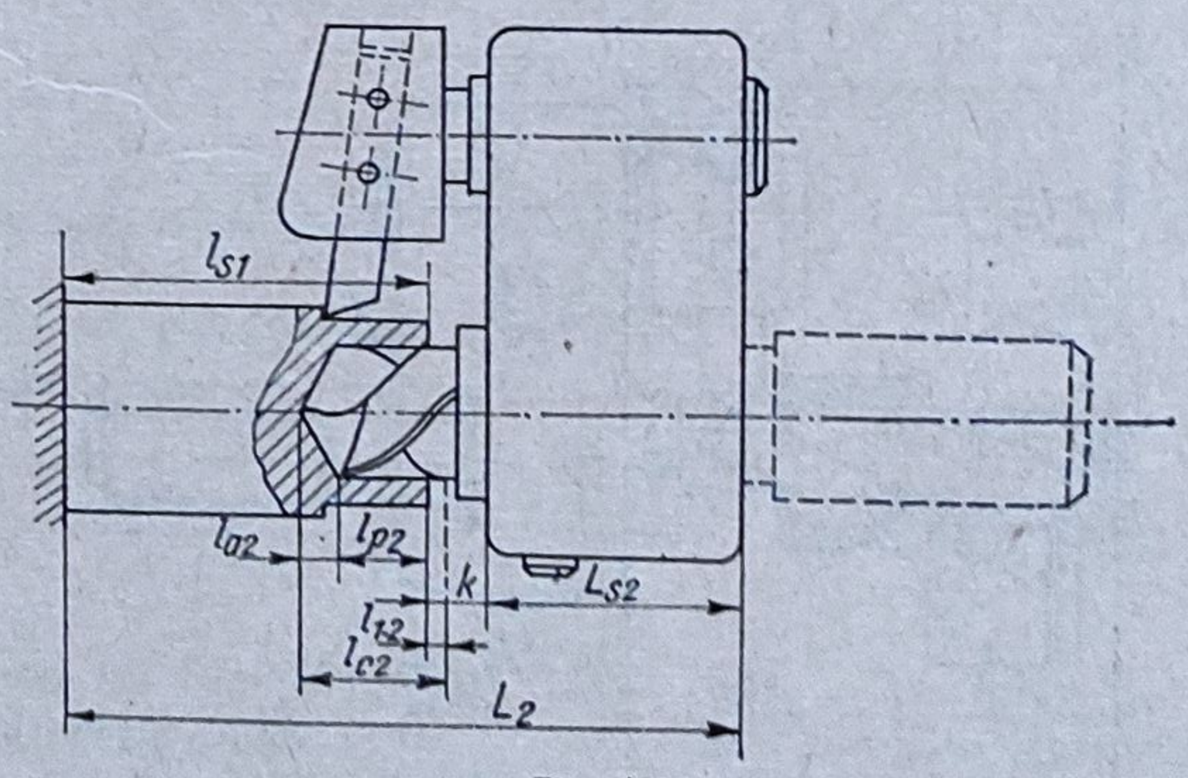


Fig. 1.26

Dacă se folosește relația: $L_1 = L_2 + l_{c2}$, în care L_1 este lungimea de închidere la faza de tamponare, L_2 — lungimea de închidere la următoarea fază de lucru și l_{c2} — lungimea cursei de lucru la faza următoare, rezultă:

$$L_1 = 112 + 23{,}5 = 135{,}5 \text{ mm.}$$

Pentru realizarea acestei lungimi, ținînd cont că lungimea maximă de tamponare este de 134 (v. faza 1), se va introduce o șaibă cu lățimea de 20 mm.

Fazele 3 și 4 se execută simultan (fig. 1.27), iar lungimea cursei se determină cu relația:

$$l_{c3} = l_{13} + l_{a3} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{d_2 - d_3}{2} = 2{,}1 \text{ mm}$$

$$L_4 = l_{s1} + K + L_{s4} = 54 + (0{,}5 \ldots 1) \cdot 12{,}5 + 38 = 98 \text{ mm}$$

$$l_{c4} = l_{14} + l_{p4} = (0{,}5 \ldots 1) + 15 = 16 \text{ mm.}$$

Faza 5, prelucrarea filetului cu ajutorul filierei se face după schița prezentată în figura 1.28, iar lungimea cursei se determină cu relația:

$$l_{c5} = l_{15} + l_{p5} + l_{25} = (1 \ldots 2) \cdot 1{,}5 + 1 \cdot \operatorname{ctg} 60° + 12 + 1 \cdot 1{,}5 = 15 \text{ mm}$$

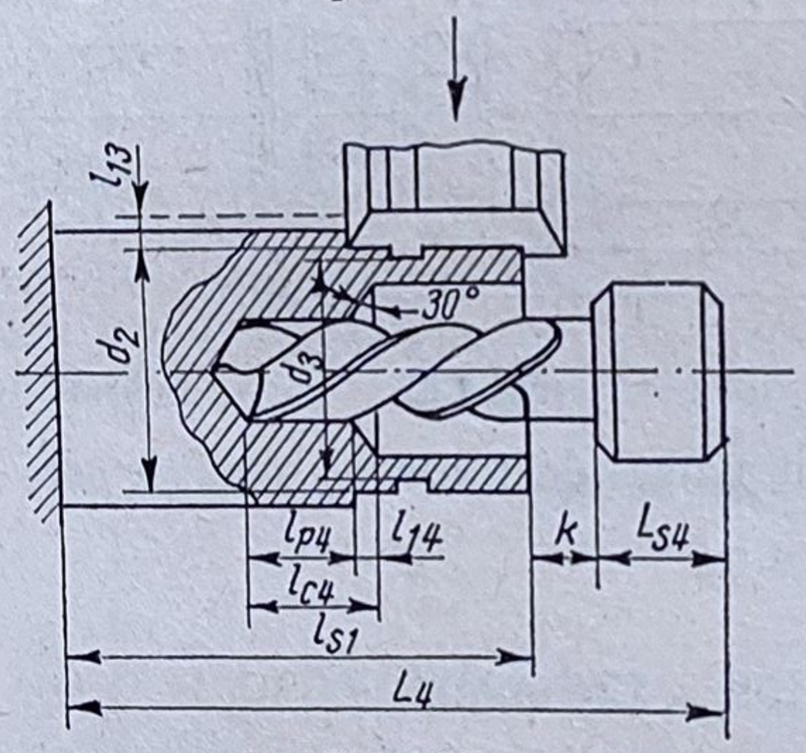


Fig. 1.27

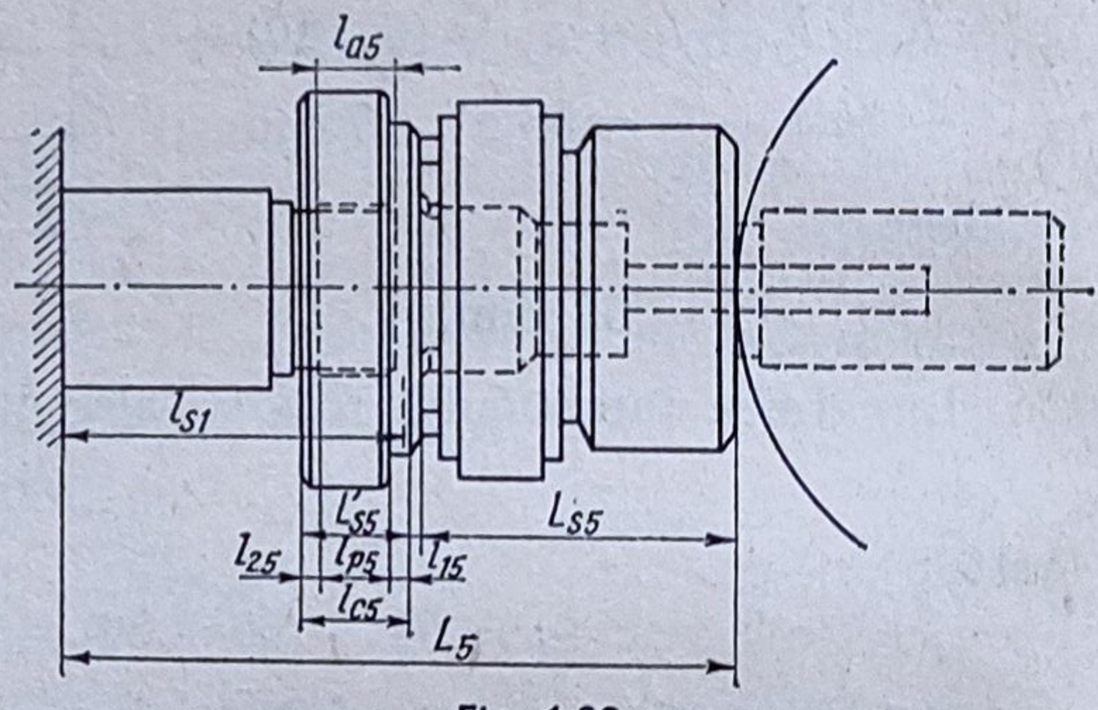


Fig. 1.28

$$L_5 = l_{s1} - l_{a5} - (1 \ldots 2)\, p + L'_{s5} + L_{s5} = 54 - 12 - 3 + 20 + \\ + (45{,}5 \ldots 60{,}8) = 108 \text{ mm.}$$

Fazele 6 și 7 se execută suprapus după schița prezentată în figura 1.29, iar lungimea curselor se determină cu relațiile $l_{c6} = l_{16} + l_{p6} + l_{a6} + l_{26} = (1 \ldots 2) + 0 + (44{,}5 - 32) + 0{,}3 \cdot 10{,}9 = 17$ mm

$$l_{c7} = l_{17} + l_{a7} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{32 - 16}{2} = 8{,}5 \text{ mm}$$

$$L_6 = l_{s1} + \Delta + L'_{s6} + L_{s6} = 54 + 5 + 25 + 38 = 122 \text{ mm.}$$

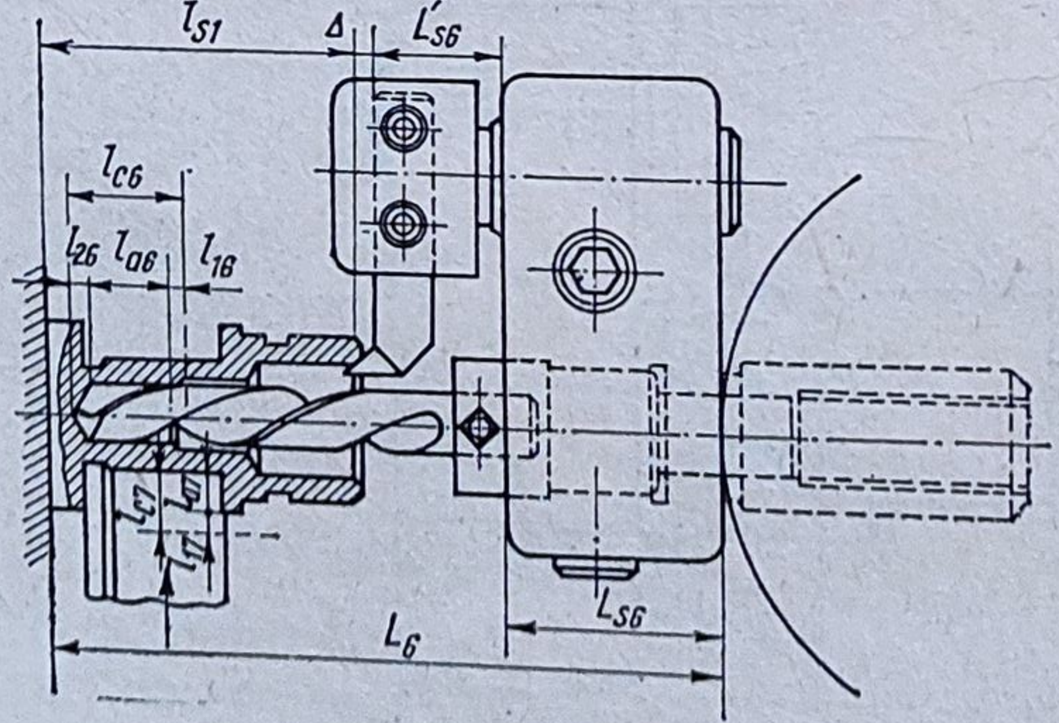


Fig. 1.29

Faza 8 se execută cu tarod de mașină după schema din figura 1.30 iar lungimea cursei de lucru se determină cu relația:

$$l_{c8} = l_{18} + l_{p8} + l_{a8} + l_{28} = (1 \dots 2) \cdot 1 + \frac{12 - 10{,}3}{2} (\text{ctg } 30° - \text{ctg } 60°) +$$

$$+ (44{,}5 \dots 32) = 15{,}5 \text{ mm}$$

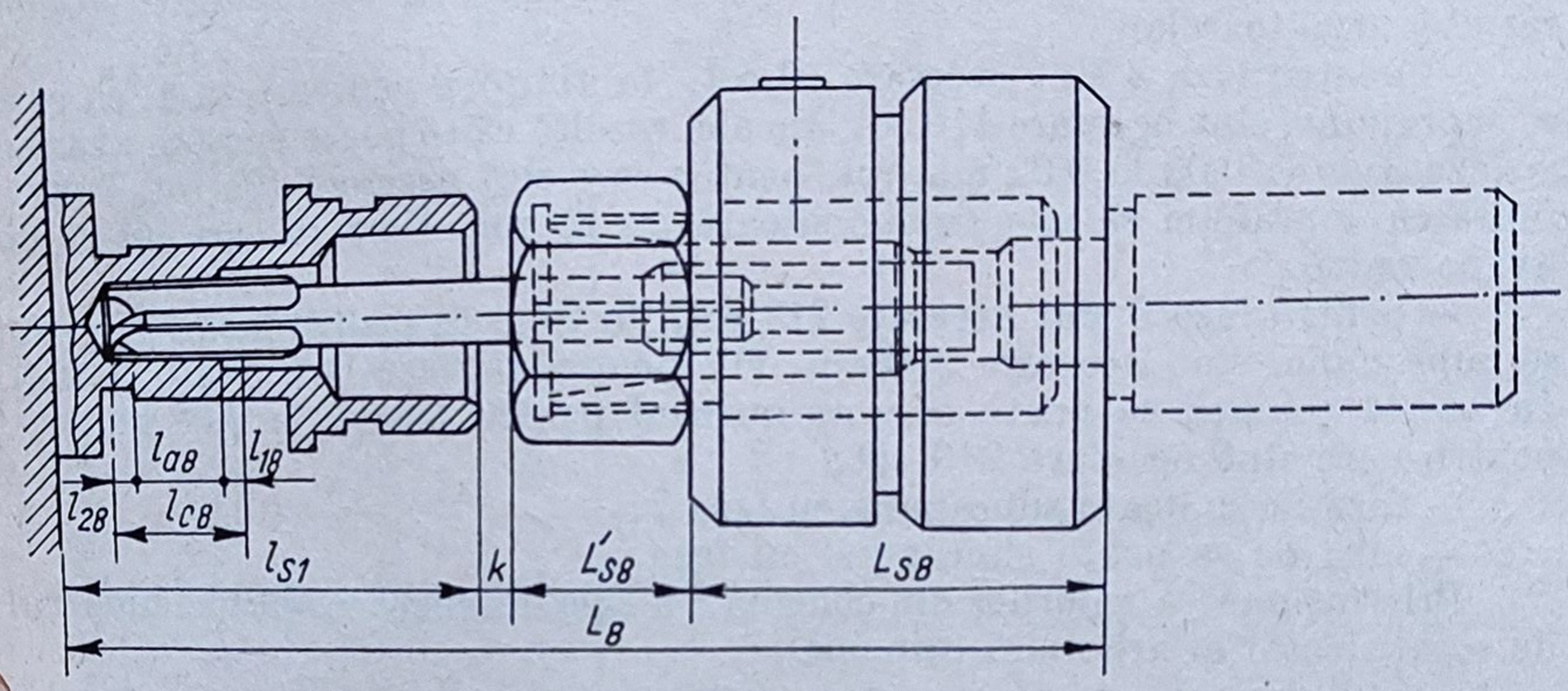


Fig. 1.30

$$L_8 = l_{s1} + K + L'_{s8} + L_{s8} = 54 + 5 + 21 + (49 \dots 64) = 130 \text{ mm}.$$

Faza 9 se execută cu un cuțit de retezat după schița prezentată în figura 1.31, iar lungimea se determină cu relația:

$$l_{c9} = (0{,}5 \dots 1) + b \cdot \text{tg } \alpha + \frac{d - d_g}{2} + (0{,}5 \dots 1) =$$

$$= (0{,}5 \dots 1) + 3 \cdot \text{tg } 15° +$$

$$+ \frac{16 - 10{,}9}{2} + (0{,}5 \dots 1) = 4 \text{ mm}$$

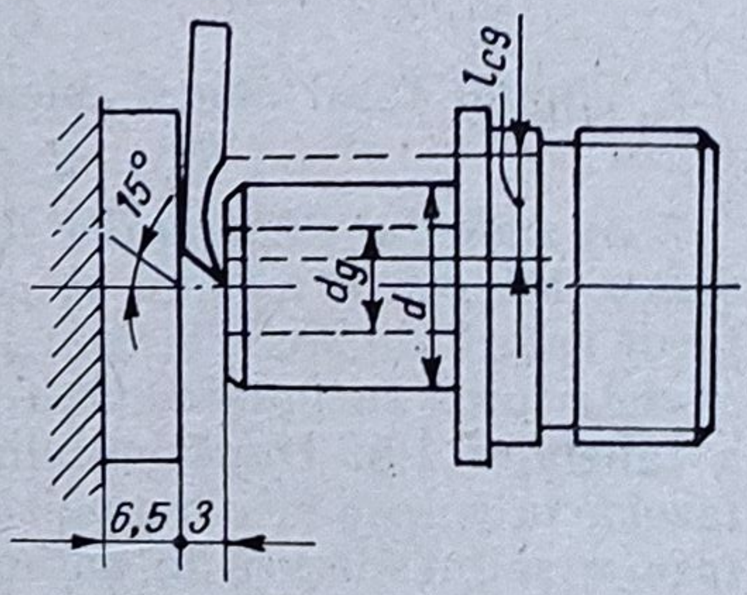


Fig. 1.31

6) *Calculul numărului de rotații echivalente*

Pentru calculul numărului de rotații la fiecare fază se folosește: relația:

$$n'_{a_i} = \frac{l_{ci}}{s_i} \cdot \frac{n_{AI}}{n_{AP_i}} \text{ [rot]} \qquad 1.22)$$

în care l_{ci} este lungimea cursei de lucru pentru faza i; s_i — avansul pe rotație a arborelui principal aferent fazei i; n_{AI} — turația arborelui intermediar, în rot/min, egală cu turația arborelui principal la fazele care nu reclamă

folosirea mecanismelor auxiliare; n_{AP_i} este turația arborelui principal la faza i, în rot/min, determinată cu ajutorul vitezei de așchiere calculată în concordanță cu gama de turații a strungului automat.

Relația este valabilă în afara fazelor de filetare. Raportul $\frac{n_{AI}}{n_{AP}}$ este egal cu unu. Valorile calculate sînt trecute în coloana 8 a fișei de calcul pentru reglare din tabelul 1.5. La fazele de filetare raportul turațiilor are valorile de 8 : 1, pentru M 28 × 1,5 mm și 2 : 1 pentru M12 × 1 mm.

Din calculul numărului de rotații și din analiza suprapunerii fazelor rezultă următoarele:

— pentru faza 3 sînt necesare 70 rot, în timp ce pentru faza 4, cu care se suprapune, sînt necesare 140 rot. De aici rezultă că se poate micșora avansul la faza 3 de la 0,03 la 0,02 mm/rot. pentru care sînt necesare 105 rot. Pentru finisarea suprafeței se mai suplimentează cu 15 rot, timp în care nu se dă avans radial;

— pentru faza 6 sînt necesare 213 rot., în timp ce pentru faza 7, cu care se suprapune, sînt necesare 350 rot. (10 pentru finisare fără avans radial). În aceste condiții se poate micșora avansul pentru faza 6 la 0,07 mm/rot. pentru care sînt necesare 240 rot;

— faza 5*c* se poate suprapune cu faza 7;

— faza 8*c* se poate suprapune cu faza 9.

Prin însumarea valorilor din coloana 8 a fișei de calcul se obține numărul de rotații total al arborelui principal:

$$n'_{a\cdot tot} = 864 \text{ rot.}$$

7) *Calculul timpului preliminar pe piesă.* Timpul preliminar pentru prelucrarea piesei se determină cu relația:

$$t'_a = \frac{n'_{a\cdot tot}}{n_{AI}} \cdot 60 = \frac{864}{710} \cdot 60 = 73 \text{ s.}$$

Timpul preliminar de mers în gol pentru fazele auxiliare la prelucrările din bară este:

$$t'_g = 0{,}35 \cdot t'_a = 25{,}5 \text{ s.}$$

Timpul total pentru piesă este:

$$T'_p = t'_a + t'_g = 73 + 25{,}5 = 98{,}5 \text{ s.}$$

8) *Calculul diviziunilor aferente fazelor de lucru.* Din datele existente în cartea tehnică a mașinii se constată că pentru piesă se pot obține timpi în jurul valorii de 98,5; 90 sau 100 s. Pentru aceste valori ale timpului pe piesă se determină sutimile pentru mișcările auxiliare și se completează coloana 11 a tabelului 1.5. După stabilirea valorilor individuale ale sutimilor necesare fazelor în gol, se face o analiză a posibilităților de suprapunere în timp cu alte faze și se încadrează în paranteze acele valori care se pot suprapune. Astfel s-a suprapus faza 5*a* cu faza 4*a*; faza 5*d* și 6*a* cu faza 7; faza 8*d* cu faza 9.

Prin însumarea curselor în gol nesuprapuse, se obține: $s_{s\cdot tot} = 15{,}5$ sutimi. Rezultă că pentru cursele de lucru rămîn:

$$s_{a\cdot tot} = 100 - s_{g\cdot tot} = 84{,}5 \text{ sutimi.}$$

Cu aceste valori se determină valoarea mai apropiată a timpului pe piesă cu relația:

$$T''_a = \frac{t'_a \cdot 100}{s_{a\cdot tot}} = \frac{73 \cdot 100}{84{,}5} = 86{,}5 \text{ s.}$$

Tabelul 1.5

Fișa de calcul pentru prelucrarea piesei

Sania			Denumirea fazei	l_{cf} mm	v m/min	Avans tabel	Avans real	N_{af} de calc.	N_{af} real	Diviziuni S_a	Diviziuni S_g	Program S^i	Program S^f	L_j	R (camă) R_c^{min}	R (camă) R_c^{max}
longitudinală	I	1	Avans material și tampon								1,5	0	1,5	135	91,5	91,5
		1a	Retragere și schimbare cap revolver								1,5	1,5	3			
	II	2	Strunjire ø 28,2; burghiere ø 20	23,5	63	0,12	0,12	196	196	18,5		3	21,5	112	91,5	115
		2a	Revenire, retragere și schimbare cap revolver								2+3	21,5	26,5			
	III	4	Burghiere ø 12,5 × 15	14	28	0,1	0,1	140	140	13		26,5	39	98	115	129
		4a	Retragere și schimbare cap revolver								3	39	42			
	IV	5a	Schimbare turație și sens								0,5	40	40,5			
		5	Filetare M28 × 1,5	15	7,9	1,5	1,5	80	80	7,5		42	49,5	108	104	119
		5b	Schimbare turație și sens								0,6	49,5	50			
		5c	Revenire filieră	15		1,5	1,5	10	10	1		50	51			
		5d	Revenire și schimbare cap revolver								3	51	54			
	V	6	Burghiere ø 10,9 și teșire interior	17	24,2	0,08	0,07	213	240	22		54	76	122	88	105
		6a	Retragere și schimbare cap revolver								3	76	79			
	VI	8a	Schimbare turație și sens								0,5	84,5	85			
		8	Tarodare M12 × 1	15,5	13,6	1	1	31	31	3		85	88	130	81,5	97
		8b	Schimbare turație și sens								0,5	88	88,5			
		8c	Revenire tarod	15,5		1	1	16	16	1,6		88,5	90			
		8d	Retragere și schimbare cap revolver								3	92	95			
posterioară		3	Strunjire profilată ø 31,5	2,1	62,3	0,03	0,02	70	120	11,5		24,5	36		86,9	89
		3a	Revenire cuțit							1,5		36	37,5			
anterioară		7	Strunjire profilare ø 18 × 22	8,5	40,1	0,025	0,023	340	375	34,5		50	84,5		80,5	89
superioară		9	Retezare	4	40	0,06	0,055	67	78	8,5		88,5	97		85	89
		9a	Revenire cuțit								3	97	100			
Total								864	900	84,5	15,5					

În aceste condiții se poate alege pentru prelucrarea piesei timpul de 90 s.

Numărul total de rotații echivalente, reale, pentru întreg ciclul de lucru, se determină cu relația:

$$n_{tot} = T_p \cdot \frac{n_{AI}}{60} = 90 \cdot \frac{710}{60} = 1065 \text{ rot.}$$

Numărul de rotații pentru cursele active se calculează cu relația:

$$n_{a \cdot tot} = n_{tot}\left(1 - \frac{s_{g \cdot tot}}{s_{tot}}\right) = 1065\left(1 - \frac{15{,}5}{100}\right) = 900 \text{ rot.}$$

Diferența de rotații: $n_a = n_{a \cdot tot} - n'_{a \cdot tot} = 900 - 864 = 36$ rot se atribuie fazelor 7 și 9 care sînt mai solicitate. În felul acesta avansul se reduce de la 0,025 la 0,023 și respectiv de la 0,06 la 0,055 mm/rot.

Diviziunile sutimilor active, după calcul, sînt trecute în coloana 10 din tabelul 1.5.

9) *Programarea în timp a succesiunii fazelor.* În baza ciclului de lucru stabilit și a diviziunilor necesare fazelor active și în gol, se calculează sutimile de început și sfîrșit corespunzătoare. Fazele suprapuse se intercalează în timpul fazei de durată mai lungă. Valorile calculate sînt trecute în coloanele 10 și 11 din tabelul 1.5. Programarea se face prin întocmirea ciclogramei din figura 1.32 pe care este indicată suprapunerea în timp a fazelor active și de mers în gol.

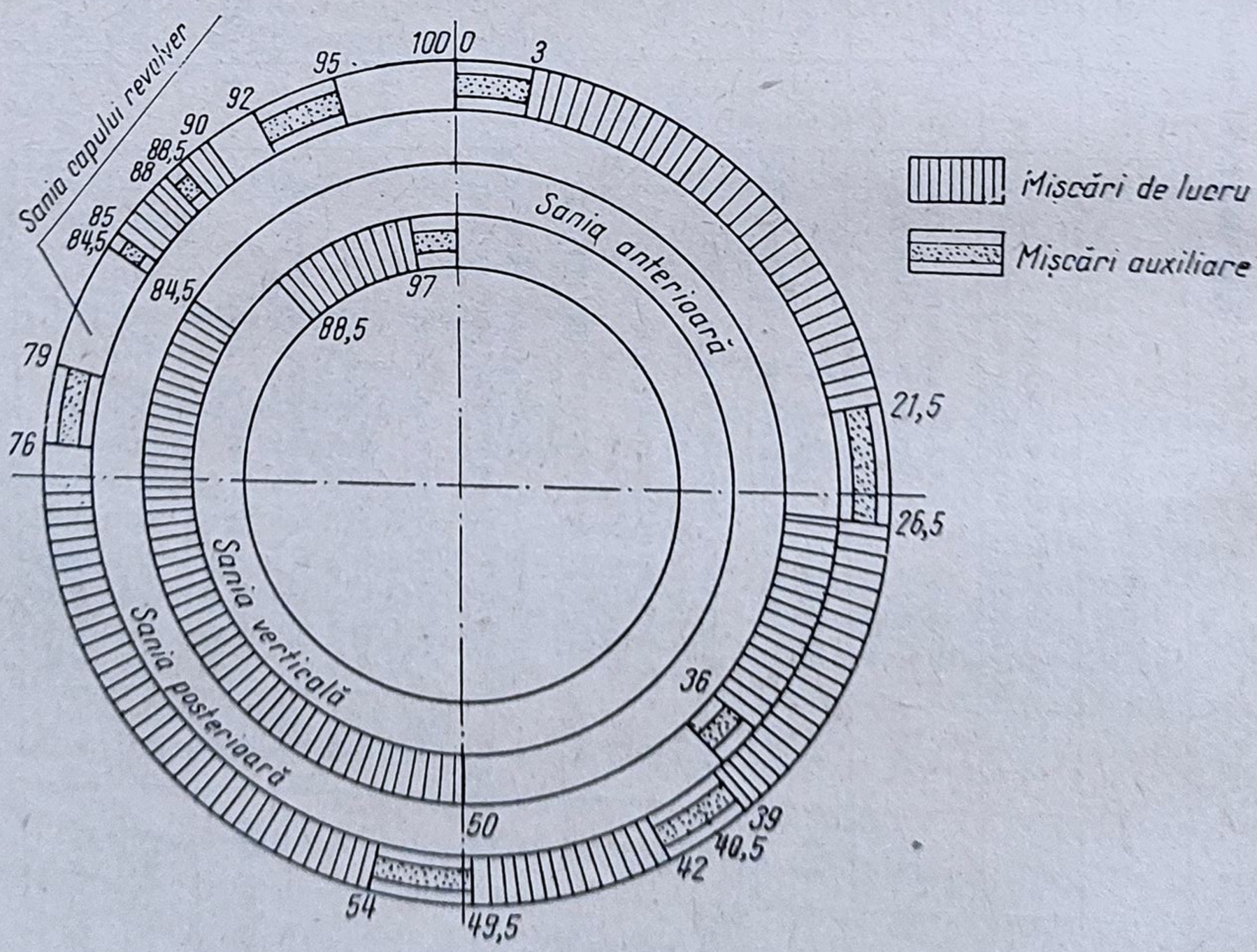


Fig. 1.32

Coeficientul de utilizare al mașinii va fi:

$$\eta_a = \frac{s_{tot} - s_{g \cdot tot}}{s_{tot}} \cdot 100 = \frac{100 - 15{,}5}{100} \cdot 100 = 84{,}5\%,$$

valoare care se încadrează în recomandări, rezultînd că procesul tehnologic este bine întocmit.

Pe lîngă faptul că fazelor în gol le revine numai 15,5 sutimi, din ciclogramă rezultă că pe o durată corespunzătoare a 40,5 sutimi lucrează concomitent scule fixate în diferiți suporți.

10) *Calculul razelor camelor pentru pozițiile extreme ale fazelor de lucru* cuprinde:

a) *Cama capului revolver*. Folosind relațiile corespunzătoare, razele minime și maxime ale camei pentru toate fazele care se execută s-au calculat și s-au trecut în tabelul 1.5, coloanele 15 și 16, ținînd seama de dimensiunile de gabarit ale camei indicate în cartea mașinii.

În figura 1.33 se prezintă desenul camei pentru capul revolver.

b) *Cama saniei din față*. Raza maximă la care se situează centrul rolei culegătorului este de $80 + 9 = 89$ mm și corespunde sfîrșitului fazei 7. Raza

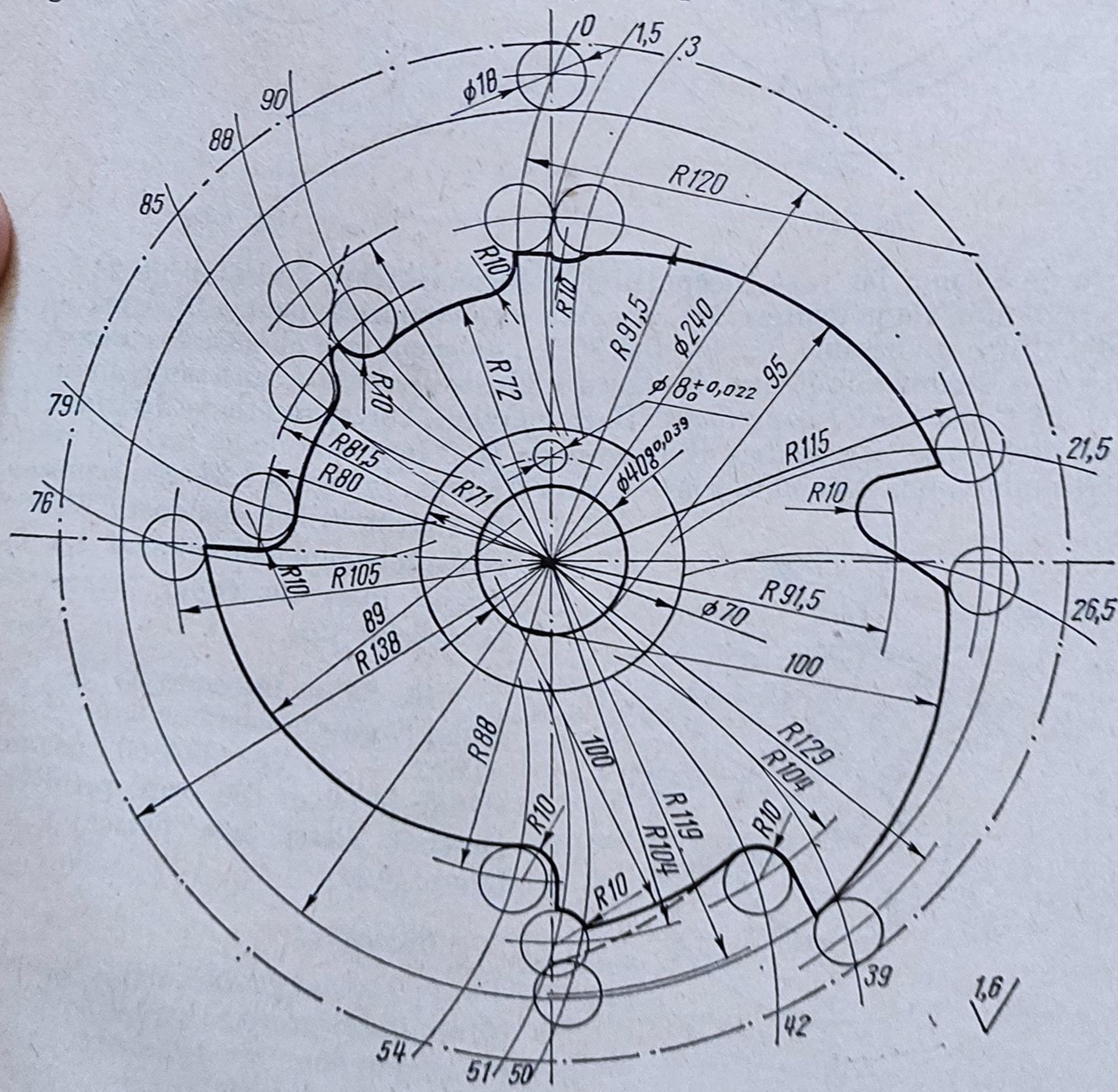


Fig. 1.33

minimă corespunzătoare prelucrării pe lungimea de 8,5 mm este de 80,5 mm. Pentru asigurarea finisării suprafeței, urcarea pe camă se termină cu o sutime înaintea sfîrșitului fazei. Deci cursa de 8,5 mm se realizează între diviziunile 48,5 și 83,5. În figura 1.34 se prezintă cama saniei din față.

c) *Cama saniei din spate.* Această camă comandă strunjirea profilată pe lungimea de 2,1 mm. Raza maximă, corespunzătoare diviziunilor 35 și 36,

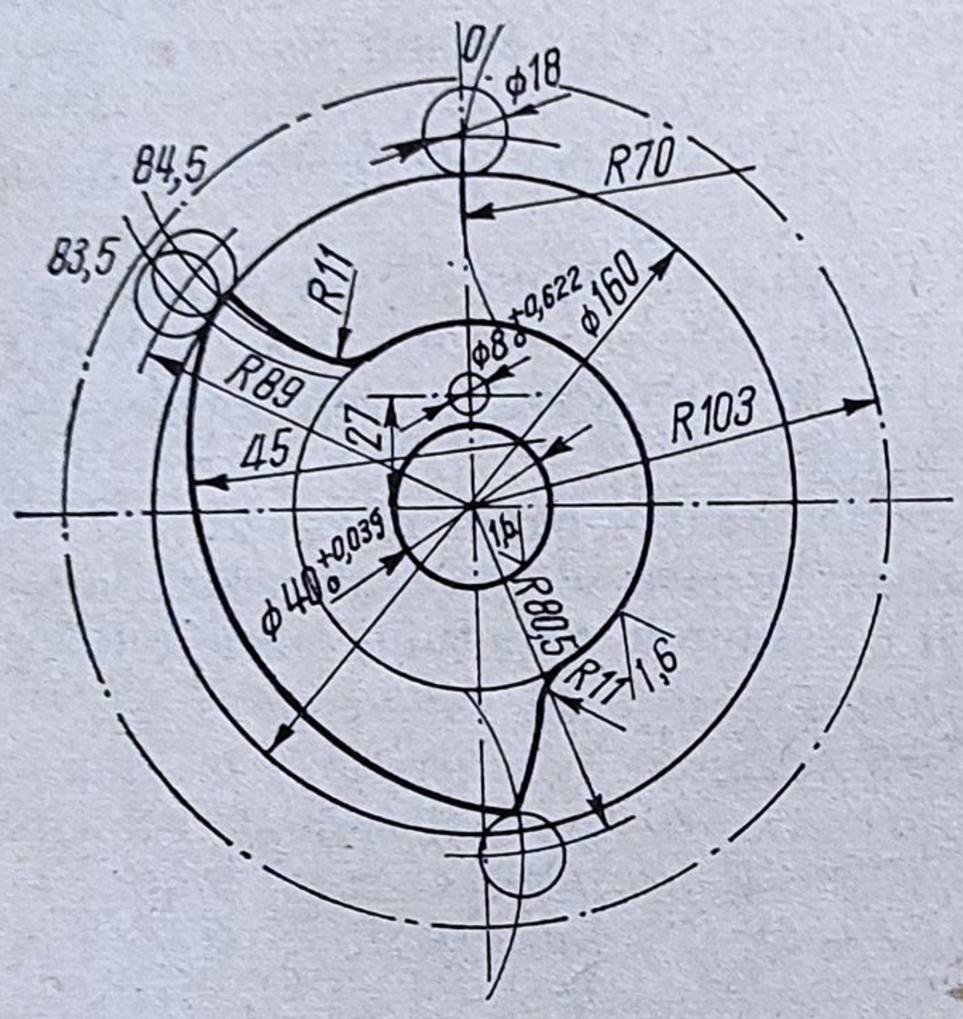


Fig. 1.34

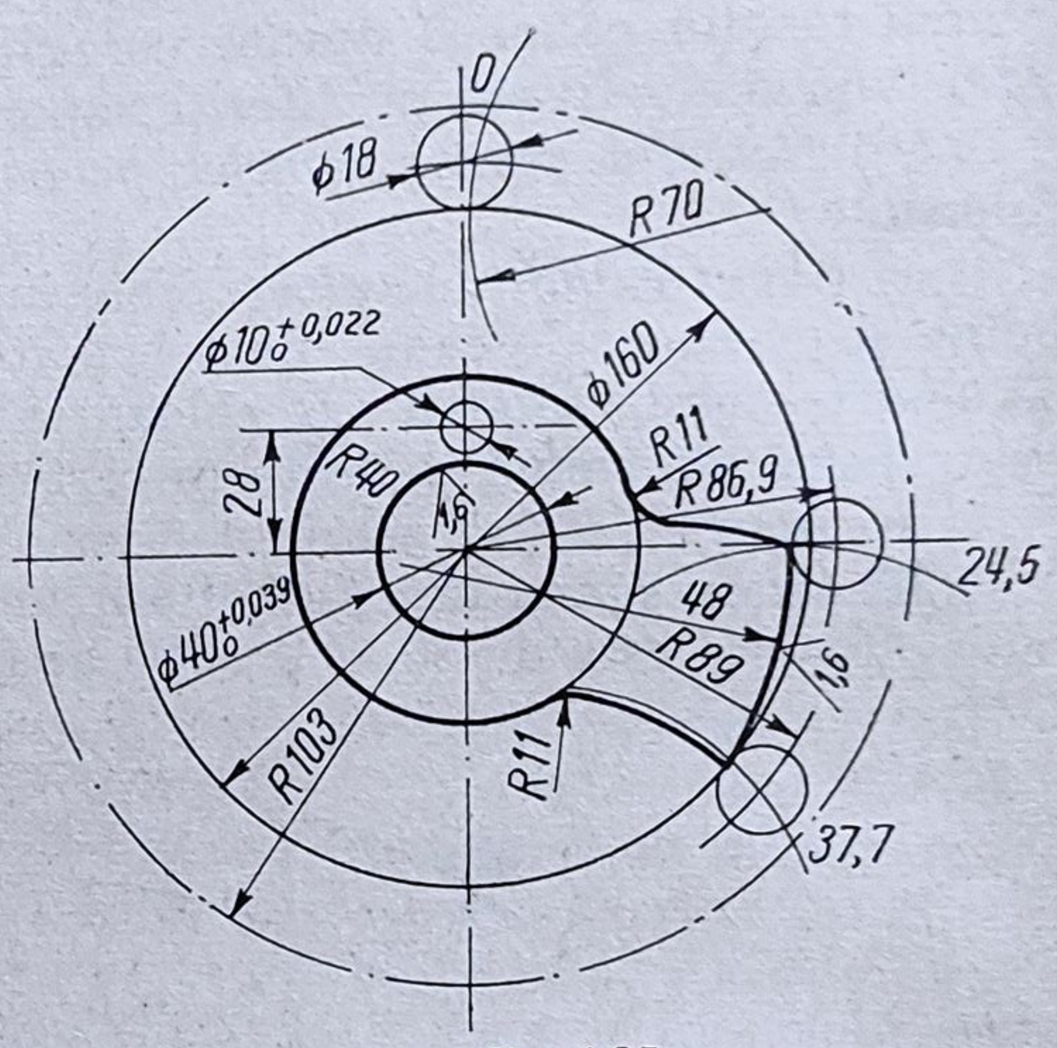


Fig. 1.35

este de 89 mm iar raza începutului, corespunzătoare diviziunii de 24,5, este de 86,9 mm. Pe porțiunea 35; 36 cama este cilindrică, pentru finisarea suprafeței. Între diviziunile 0 ... 24,5 și 37,7 ... 0 cama este cilindrică, corespunzătoare razei minime de 40 mm. În figura 1.35 este prezentată cama saniei din spate.

d) *Cama saniei superioare.* Raza maximă corespunzătoare diviziunii 97 este de 89 mm, iar pentru diviziunea de 88,5 raza este de 85 mm. Pe restul porțiunilor cama este cilindrică cu raza 45 mm. În figura 1.36 este reprezentată cama saniei superioare. Pentru reglarea strungului automat s-a întocmit foaia de reglaj prezentată în tabelul 1.6.

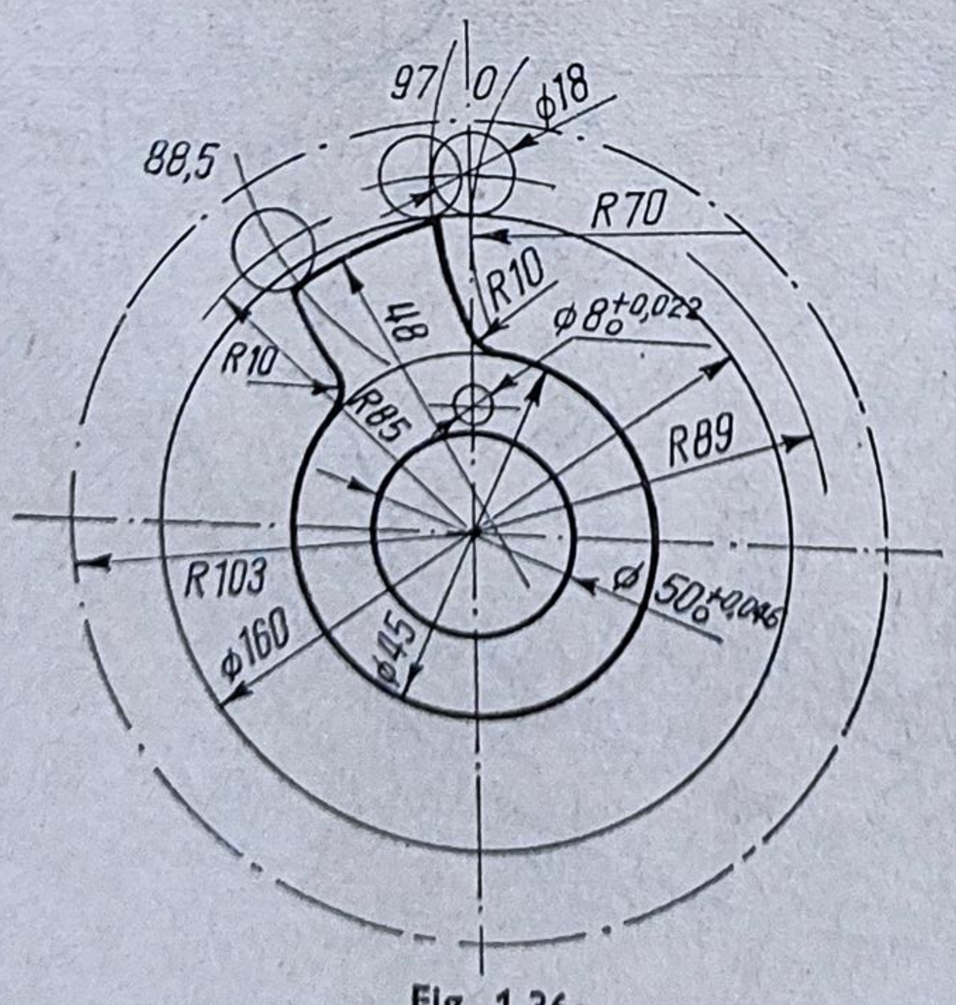


Fig. 1.36

46. Să se întocmească fișa de reglaj pentru prelucrarea unui ax din AlMg2 — STAS 7608-66 pe un strung automat cu cap revolver. Desenul piesei este prezentat în figura 1.37.

Rezolvare.

1) *Alegerea mașinii-unelte.* Pentru că semifabricatul este bară extrudată din aliaj de aluminiu deformabil, se alege un strung automat cu cap revolver.

Foaie de reglaj

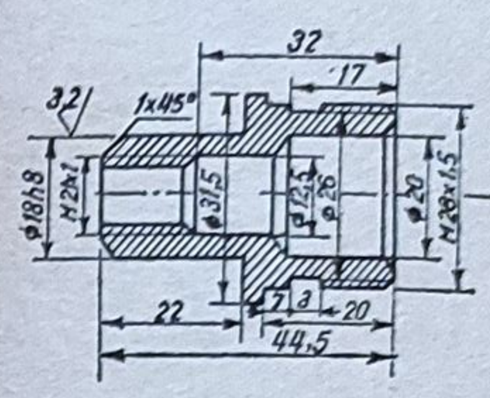
PLAN DE OPERAȚII
pentru strung automat cu cap revolver

Atelier: Secția automată

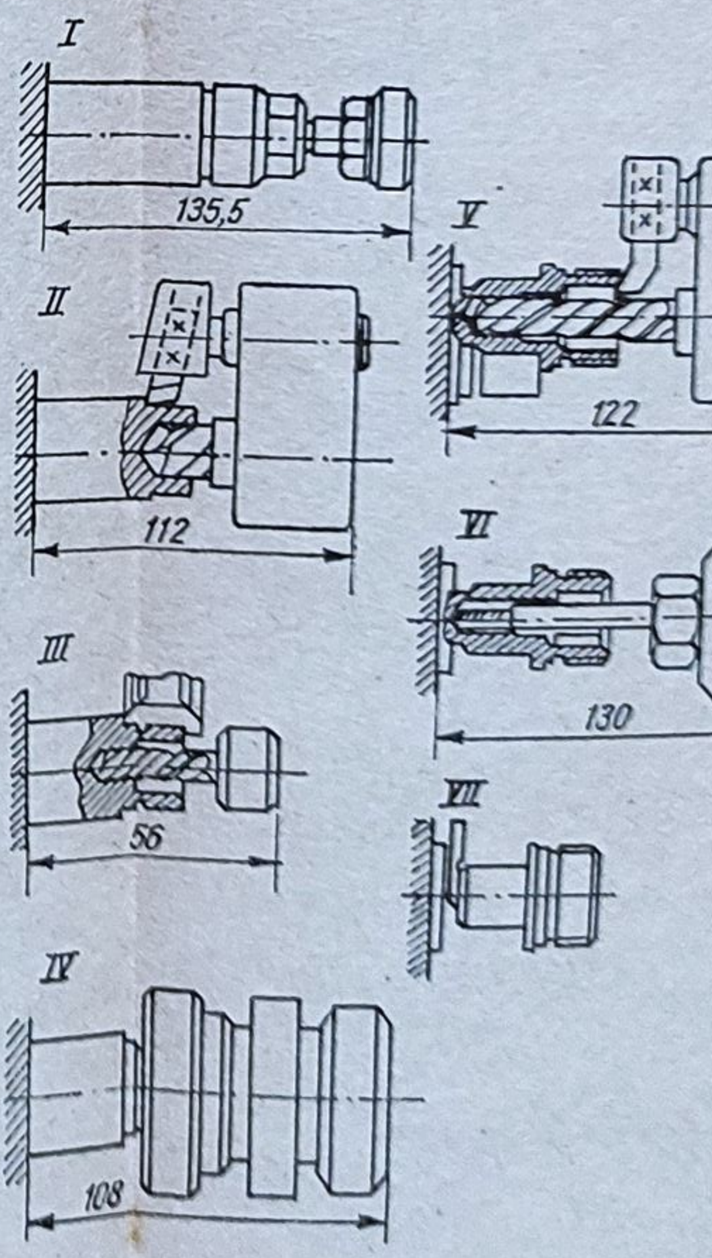
ȘURUB DE AERISIRE

Denumirea piesei

Denumirea automatului	Strung automat cu C.A.	Roți de schimb				
Firma	Strada	Arbore principal		Arbore de distribuție		
Model	A 40	A	34	A	40	
				B	60	
Condiții de răcire	Ulei sub presiune	B	52	C	35	
				D	70	



Suportul	Poziția	Număr fază	Denumirea fazei	Cursa de lucru, în mm	Avansul mm/rot	Turația arbore principal rot/min	Programa S^i	Programa S^f	Raza camei R^{min}	Raza camei R^{max}	Distanța de la capul revolver la fața axului
CAP REVOLVER	I	1	Avans material și tamponare				0	1,5	91,5	91,5	135,5
		1a	Retragere și schimbare				1,5	3	—	—	—
	II	2	Strunjire Ø 28,2 și burghiere Ø 26	23,5	0,12	710	3	21,5	91,5	115	112
		2a	Retragere și schimbare C.A				21,5	26,5	—	—	—
	III	4	Burghiere	14	0,1	710	26,5	39	115	129	98
		4a	Retragere și schimbare C.A.				39	42			
	IV	5a	Schimbare turații și sens	15	1,5	90	40	40,5			
		5	Filetare M 26. 1,5	15	1,5	90	42	40,5	104	119	108
		5b	Schimbare turații și sens				49,5	50			
		5c	Revenire filiere				50	51			
		5d	Retragere și schimbare C.A.				51	54			
	V	6	Burghiere Ø10,9 și teșire interioară	17	0,07		54	76	88	105	122
		6a	Retragere și schimbare C.A.				76	79			
		8a	Schimbare turații și sens				84,5	85			
	VI	8	Tarodare M 12×1	15,5	1		85	22	91,5	97	130
		8b	Schimbare turații și sens				88	88,5			
		8c	Revenire tarod								
		8d	Retragere și schimbare C.R.	2,1	0,02		92	95			
SUPORȚI TRANSVERSALI	Suport post	3	Strunjire profilată Ø 31,5				74,5	36	86,9	89	
		3a	Revenire cuțit				36	37,5			
	Suport cap	7	Strunjire profilată Ø 18 × 22	8,5	0,022		50	84,5	80,5	89	
	Suport	9	Retezare	4	0,05		88,5	97			
		9a	Revenire cuțit				91	100			
Total											

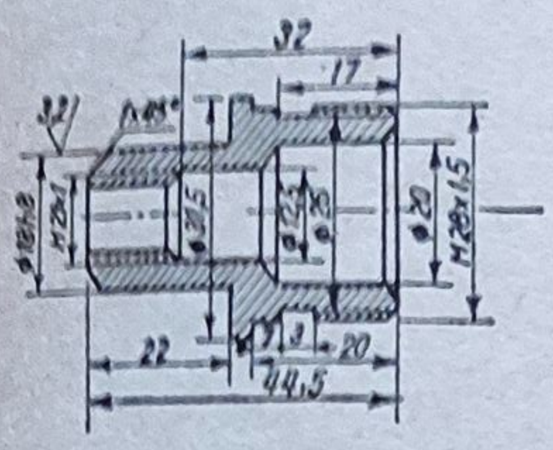


Rotații calculate pe o singură piesă: 920
Timp pe piesă: 90 s

Tabelul 1.6

Foaie de reglaj

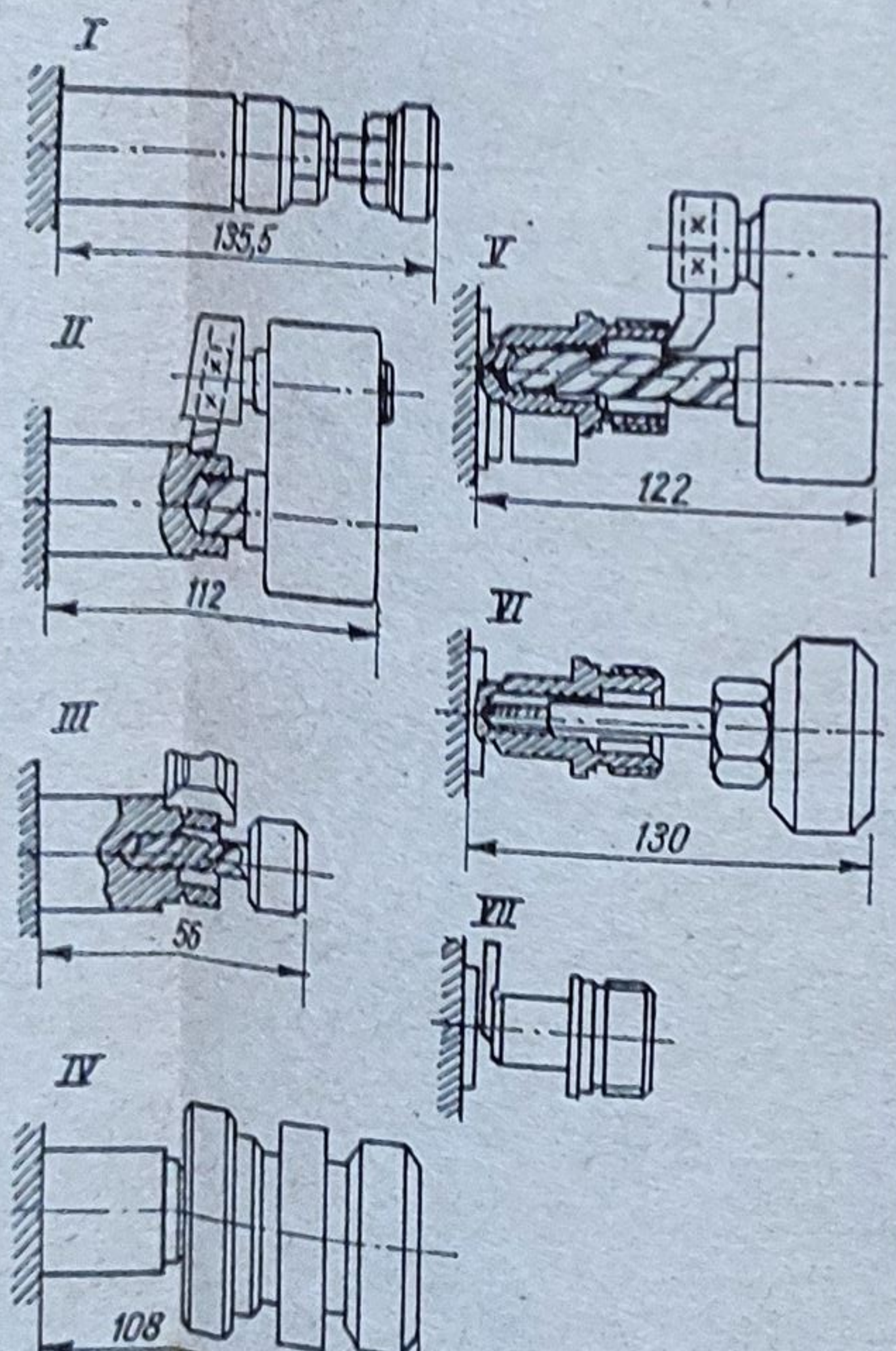
	ȘURUB DE AERISIRE		
	Denumirea piesei	Produs	Reper: 611. 311: 1,1



Simbol		Aut. 20	Operațiune	1	
Stare		Tras la rece	Pagina	1	
Duritate		–	Pagina	1	
Execuție		Calibrat h11	Copia nr.	–	
Dimensiunea brută a profilului		Ø 32			
kg	brut	0,35			
	net	0,123			

Scule

Poziția	Tăietoare	Poziția	Ajutătoare	Poziția	De control
I			SN-5689		
II	Burghiu Ø 20 STAS 4566-61 Cuțit Rp 3 CP–02–10		SN-3720		Calibru
III	Burghiu Ø 12,5 STAS 4566-67		SN-3723		
IV	Filiera M 28 × 1,5 STAS 1160-69		U_{eb} 16 U_{da} 2526		Calibru de filet M 28 × 1,5
V	Burghiu Ø 10,9 STAS 4566-67 Cuțit Rp 3 CP-06–10		SN-3720 U_{et} 1835		
VI	Tarod M 12×1 STAS 7447-66		U_{av} 25/12 U_{gg} 2/25		Inel pentru filet M 12×1
	Cuțit disc S 611.311/1		SN-3697		Calibru T-NT
	Cuțit disc S 611.311/2		SN-3698		Calibru
	Cuțit de retezat b = 3				



Bucșa de prindere	Bucșa de avans	Bucșa de conducere
U_{ag} 40 Ø 32	U_{ab} 40 Ø 32	U_{oj} 40 Ø 32

Avînd în vedere dimensiunile piesei şi condiţiile tehnice impuse se alege un strung automat monoax tip SARO-25 ale cărui caracteristici sînt prezentate în Anexa 1.8.

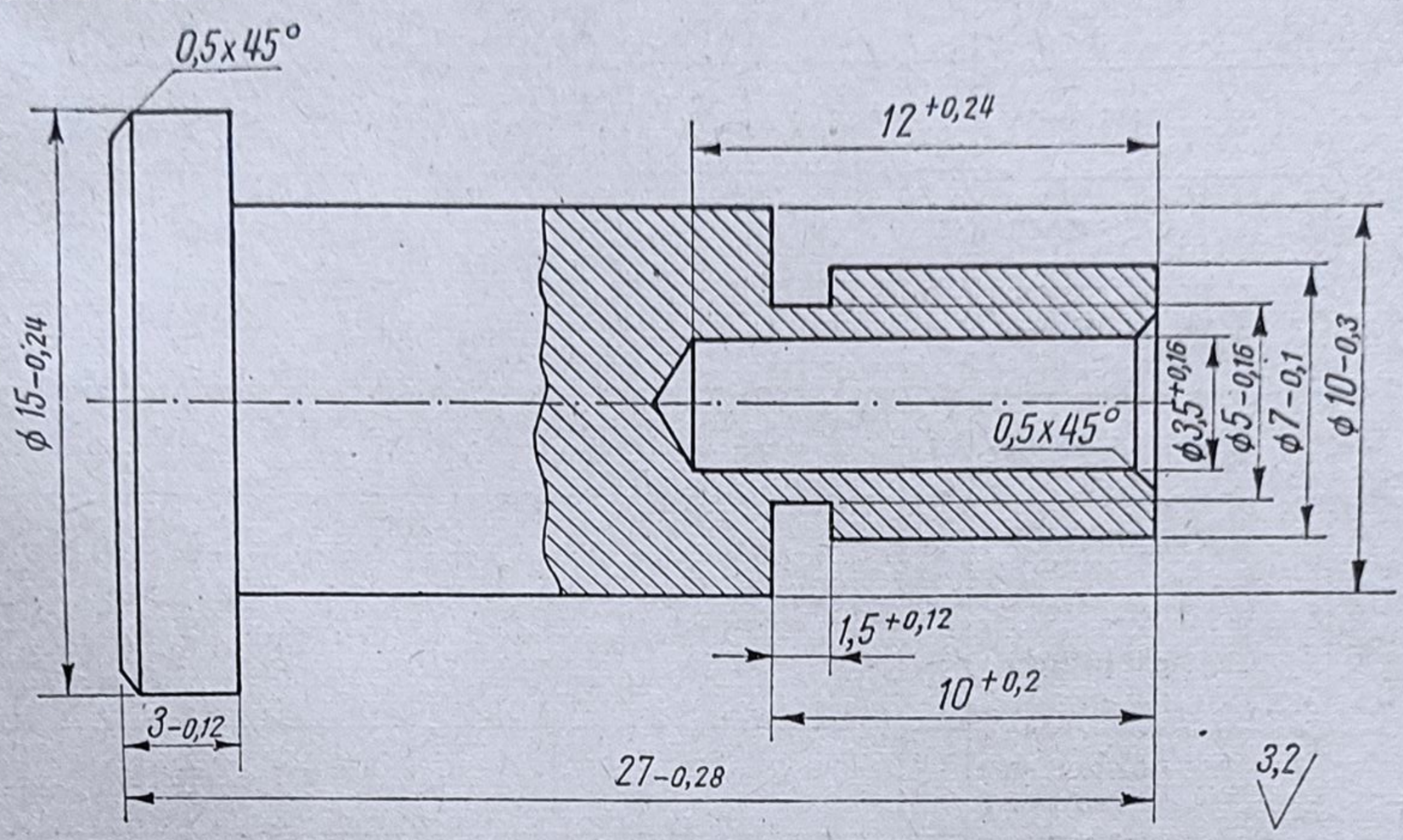


Fig. 1.37

2) *Alegerea semifabricatului.* Pentru prelucrarea pe strunguri automate monoax cu cap revolver se alege, ca semifabricat, bară extrudată din aliaj de aluminiu. Se alege bară rotundă extrudată 16 STAS 8654-70 AlMg 2 — STAS 7808-66. Lungimea de livrare a barelor este de 2 m.

Lungimea semifabricatului pentru o piesă se determină cu relaţia:

$$L_s = l_p + b_r = 27 + 3 = 30 \text{ mm}.$$

3) *Stabilirea succesiunii şi suprapunerii fazelor.* Fazele de lucru necesare executării piesei sînt:

— Avansul materialului, tamponare;
— Burghiere ⌀ 3,5 × 12 mm, strunjire ⌀ 15 × 30 mm;
— Teşire cu teşitor 0,5 × 45°, strunjire ⌀ 10 × 24 mm;
— Strunjire ⌀ 7 × 10 mm, preretezare şi teşire;
— Strunjire canal ⌀ 5 × 1,5 mm;
— Retezare.

4) *Determinarea parametrilor regimului de aşchiere.* Luînd în considerare particularităţile constructive ale strungului, precum şi natura materialului de prelucrat s-au stabilit şi s-au calculat parametrii regimului de aşchiere (t, s, v) care s-au trecut în fişa de calcul şi reglaj (tab. 1.7).

5) *Calculul lungimii curselor de lucru.* Lungimea cursei de lucru se stabileşte pentru fiecare fază.

Faza 1. Avansul materialului, tamponare (fig. 1.38):

$$l_{c1} = k + b_r + l_p = (6 \ldots 10) + 3 + 27 = 36 \ldots 40 \text{ mm}.$$

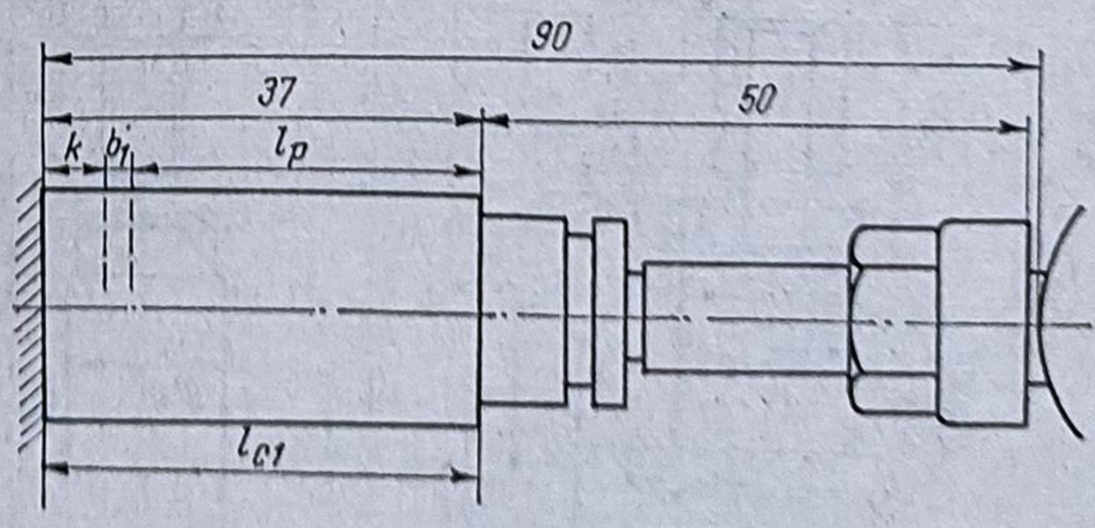
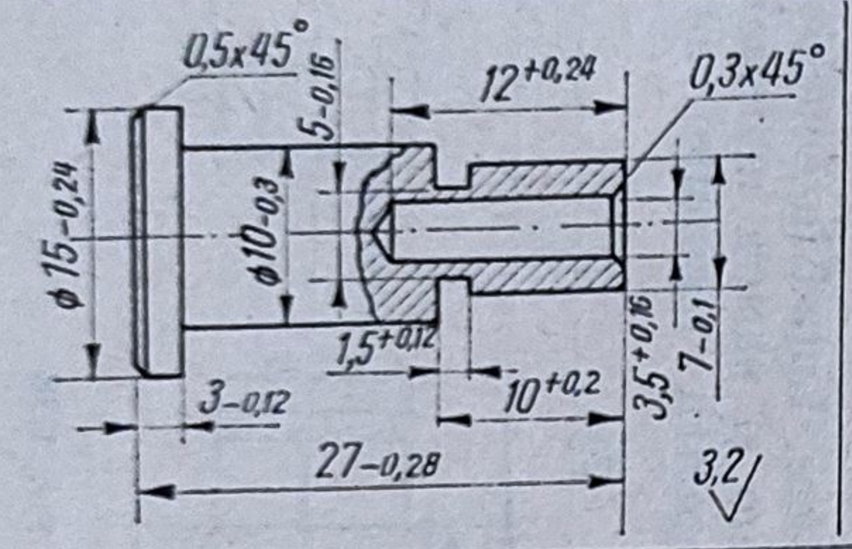
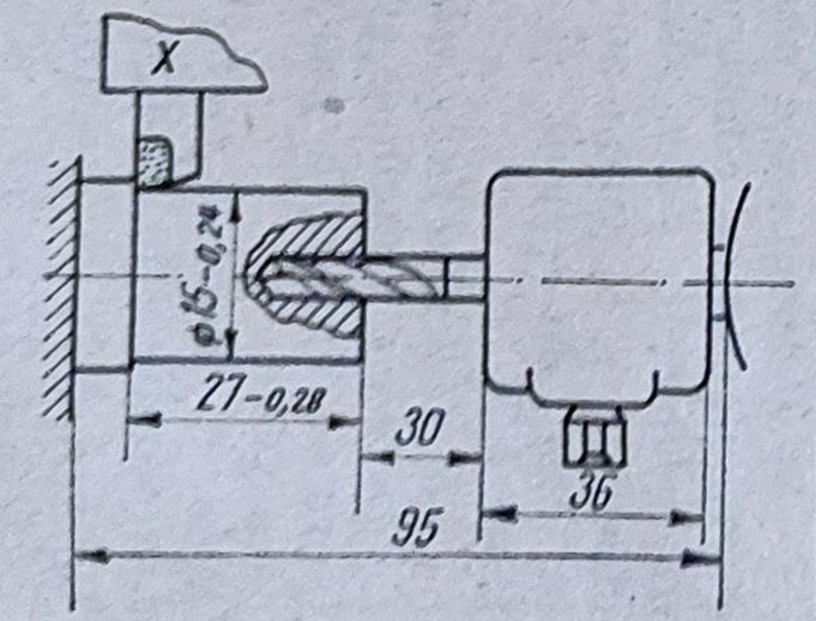
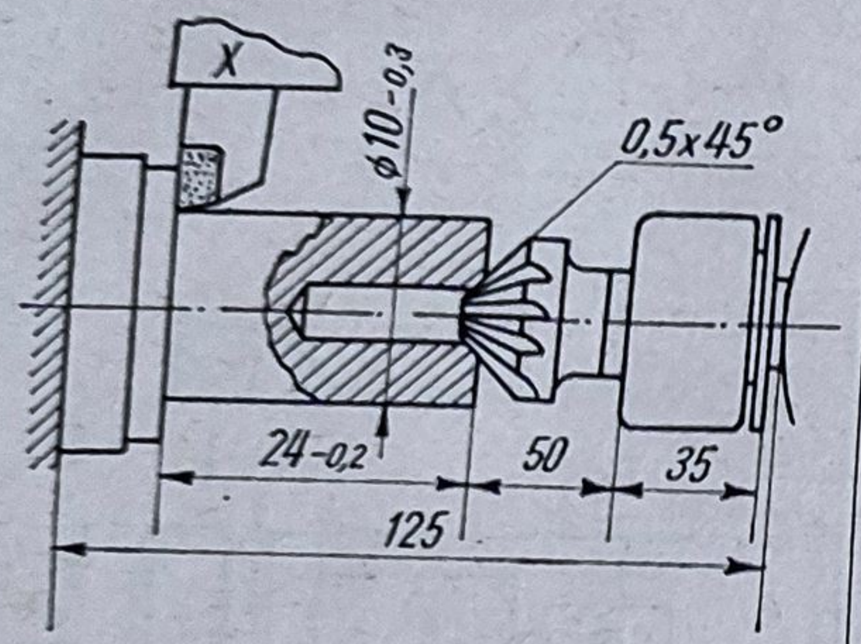


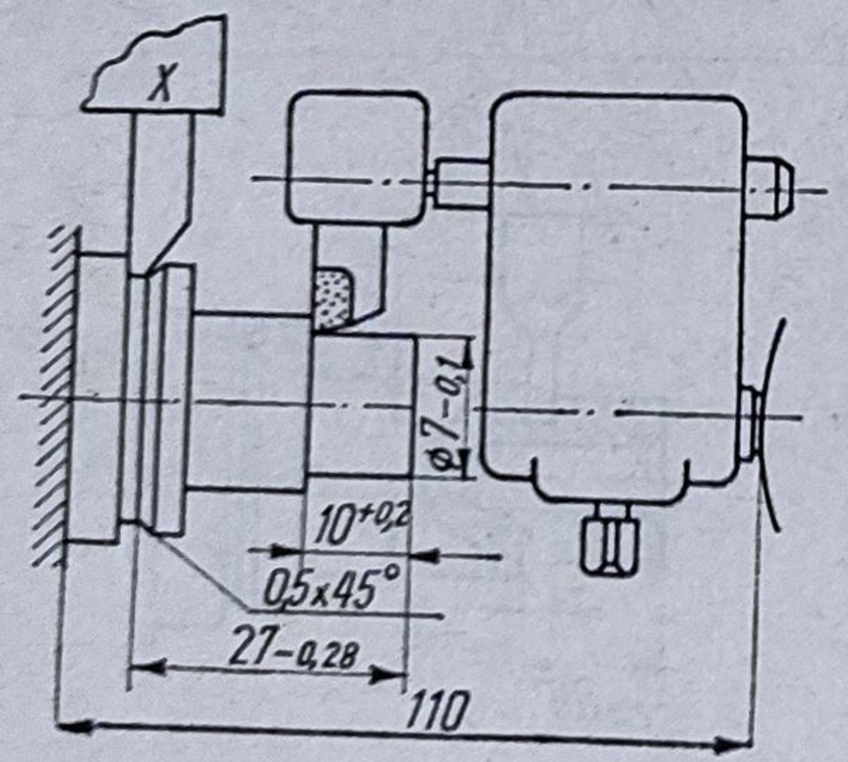
Fig. 1.38

Fişa de reglaj a strungului SARO 25

Tabelul 1.7

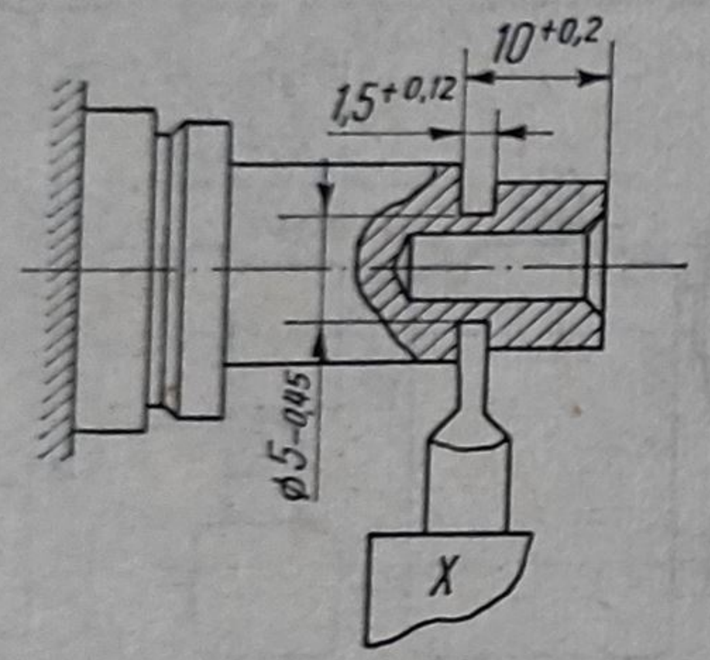
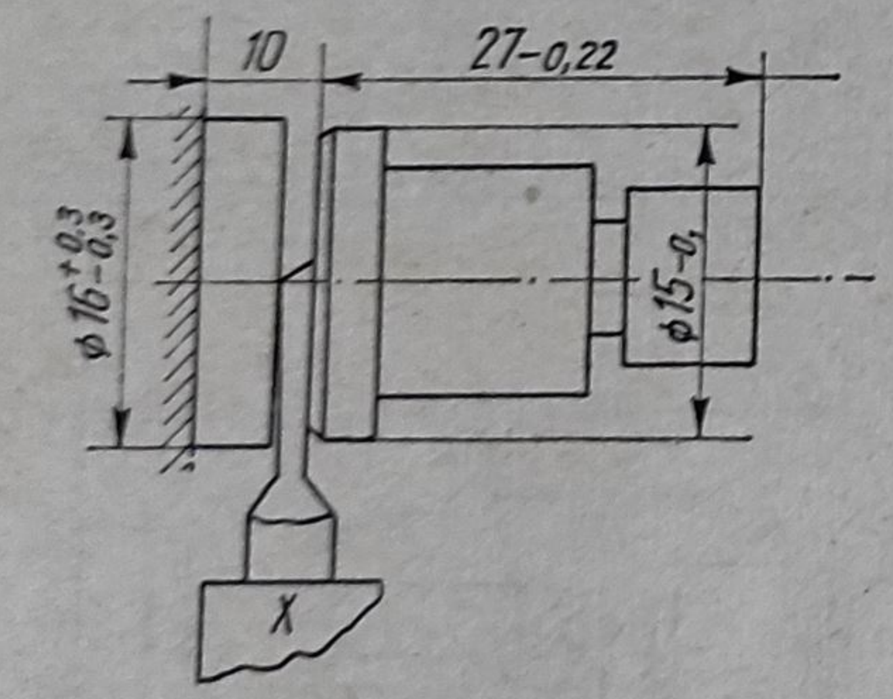
1	Lucrează	Nr. crt.	Succesiunea fazelor	Viteza de aşchiere, în m/min	Cursa de lucru, în mm	Avansul, în mm/rot	Număr de rotaţii pe fază: Rotaţii calculate	Număr de rotaţii pe fază: Rotaţii întrebuinţate	Grade pe camă: Cursă auxiliară	Grade pe camă: Cursă de lucru	Grade pe camă: de la:	Grade pe camă: până la:	Raza camei: La început	Raza camei: La sfîrşit
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		1	Tamponarea materialului						17		0	17	92,5	92,5
			Retragere şi rotire cap revolver						17		17	34	62,5	62,5
		2a	Burghiere ø 3,5 × 12	29,7	14,05	0,15	93,66	94		38	72	110	68,5	82,5
			Retragere şi rotire cap revolver						17		110	127		





Capul revol	3a	Teşire ø 3,5 Retragere şi rotire cap revolver	29,7	2,25	0,06	37,5	38	 17	15,5	179,5 195	195 212	50,25	52,5
	4a	Strunjire longitudinală ø 7 × 10 Retragere şi rotire cap revolver Desfacere piesă	76,5	11,0	0,15	73,33	74	 17 9	30	212 242 259	242 259 268	61,5	72,5
Sanie faţă	2b	Strunjire longitudinală ø 15 × 27	122	28	0,15	188,66	187		76	34	110		
Sanie superioară faţă	3b	Strunjire longitudinală ø 10 × 24	114,7	25	0,15	166,66	167		68	127	195		
Sanie superioară centrală	4b	Teşirea suprafeţei ø 15 la 0,5×45	114,7	2,25	0,06	29,17	30		12	230	242		

Tabelul 1.7 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Sanie spate	5	Degajare la ⌀ 5 pe 1,5 la distanţa de 8,5	76,5	3,5	0,06	58,33	59		21	268	292		
	Sanie superioară spate	6	Retezare ⌀ 16×27 de la capătul liber	114,7	10	0,06	166,6	167		68	292	360		

Anexa 1.8

Caracteristicile strungului automat SARO 25

Caracteristica	Valoare
Diametrul maxim admis al barelor, în mm, pentru:	
— bucşa extensibilă interioară normală	18
— bucşa extensibilă exterioară suplimentară	25
Lungimea maximă de alimentare, în mm	75
Lungimea maximă de strunjire (suport sculă spate), în mm	60
Cursa maximă a suporţilor transversali, în mm	30
Cursa maximă a turelei, în mm	60
Diametrul turelei, în mm	110
Distanţa maximă între arborele principal şi turelă, în mm	60
Diametrul alezajelor turelei, în mm	19,05
Cursa de reglaj a turelei, în mm	40
Numărul de poziţii (alezaje) ale turelei	6
Numărul de rotaţii ale arborelui principal pentru strunjiri	475/3695
Numărul de rotaţii pentru filetări	50/795
Numărul de trepte pentru strunjire	16
Numărul de trepte pentru filetare	137
Productivitatea pe minut:	
— minimă	0,3
— maximă	20
Numărul de rotaţii ale arborelui cu came (nr. cicluri)	45
Numărul de rotaţii ale arborelui cu came în viteza de accelerare	10
Timp de alimentare, în s	0,5
Timp de rotire a turelei, în s	0,5
Timp pentru schimbarea vitezei arborelui principal, în s	0,25
Puterea motorului, în kW	4
Turaţia motorului, în rot/min	1 500

Faza 2. Burghiere $\varnothing$ 3,5 × 12 şi strunjire $\varnothing$ 15 × 30 (fig. 1.39):

— lungimea cursei pentru burghiere:

$$l_{c2a} = l_{12} + l_{p2} + 0{,}3 \cdot d = (0{,}5 \ldots 1) + 12 + 0{,}3 \cdot 3{,}5 = 14 \text{ mm};$$

în care $d = 3{,}5$ mm este diametrul burghiului;

— pentru strunjire:

$$l_{c2b} = l_{12} + l_{p2b} + b_r = (0{,}5 \ldots 1) + 27 + 3 = 31 \text{ mm}.$$

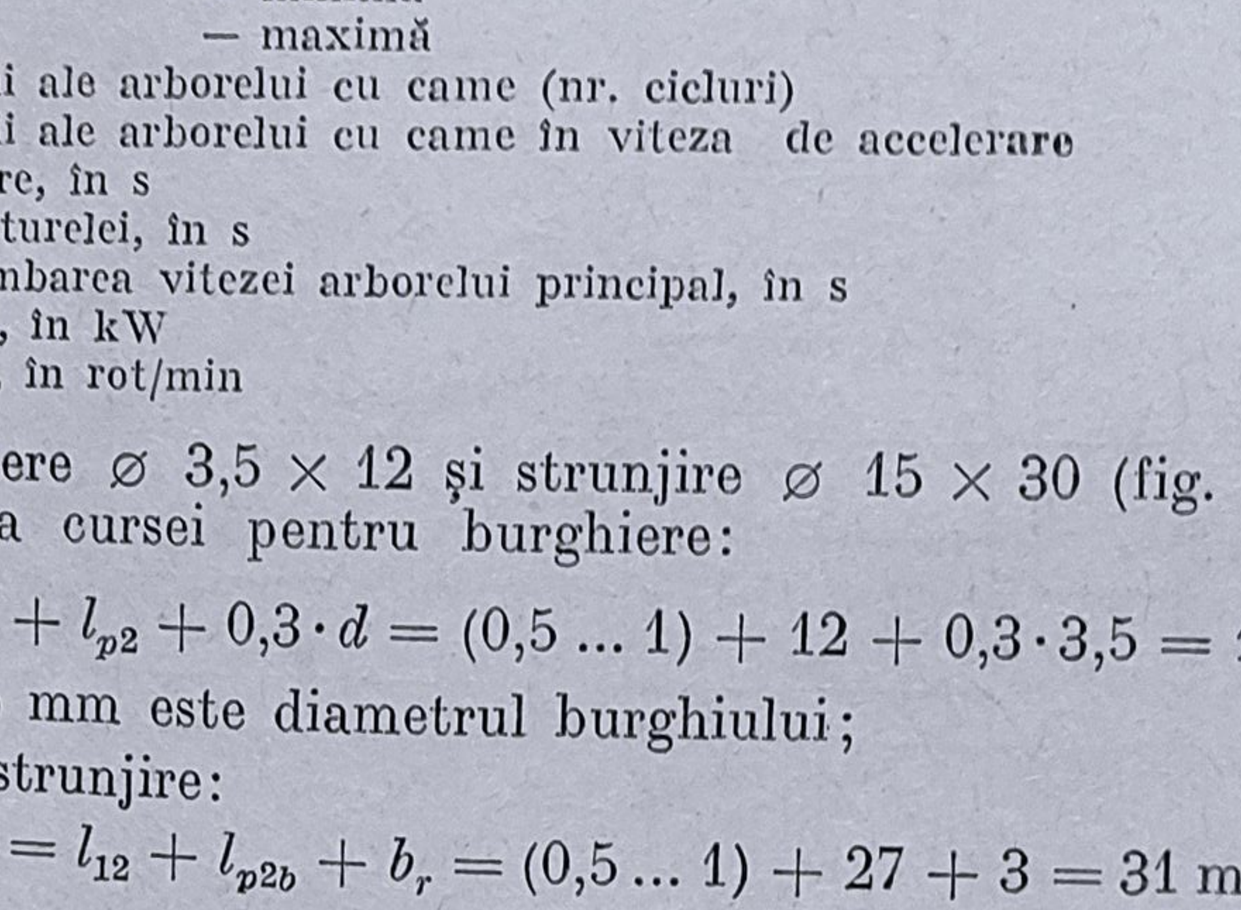


Fig. 1.39

Faza 3. Teşire 0,5 × 45° şi strunjire ⌀ 10 × 24 mm (fig. 1.40):

— lungimea cursei pentru teşire:

$$l_{c3a} = l_{13} + l_{p3a} = (0{,}5 \ldots 1) + 0{,}5 = 1{,}5 \text{ mm};$$

— lungimea cursei pentru strunjire:

$$l_{c3b} = l_{13} + l_{p3b} = (0{,}5 \ldots 1) + 24 = 25 \text{ mm}.$$

Faza 4. Strunjire ⌀ 7 × 10 mm şi preretezare şi teşire (fig. 1.41):

— lungimea cursei pentru strunjire:

$$l_{c4a} = l_{14a} + l_{p4a} = (0{,}5 \ldots 1) + 10 = 11 \text{ mm};$$

— lungimea cursei pentru preretezare şi teşire:

$$l_{c4b} = l_{14b} + l_{p4b} = (0{,}5 \ldots 1) + 2 = 3 \text{ mm}.$$

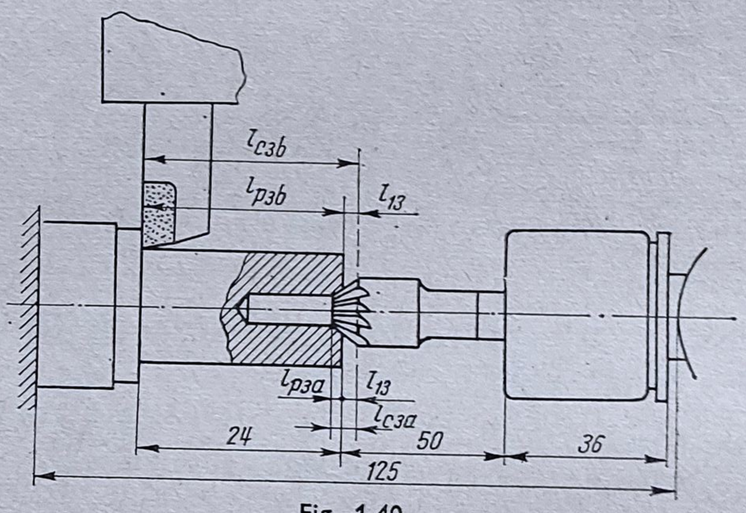


Fig. 1.40.

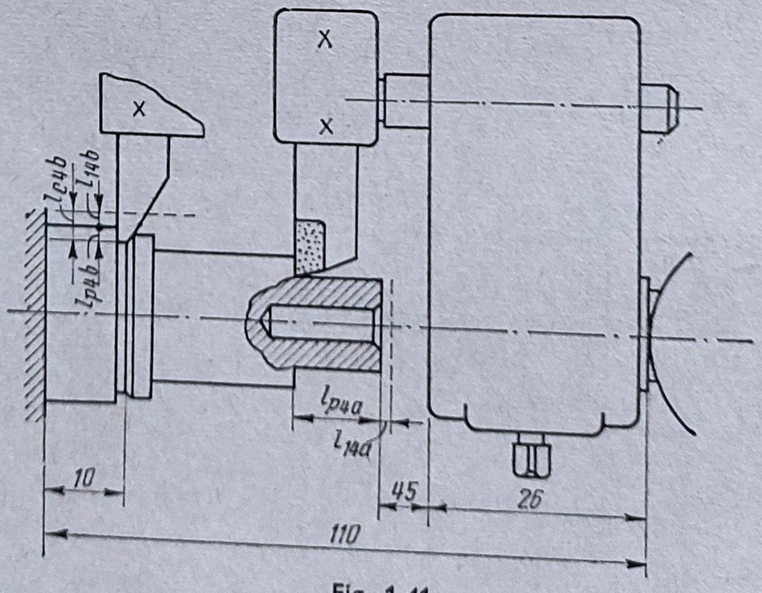


Fig. 1.41

Faza 5. Strunjire canal $\varnothing\ 5 \times 1{,}5$ (fig. 1.42) :

$$l_{c5} = l_{15} + l_{p5} = l_{15} + \frac{d_1 - d_2}{2} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{7-5}{2} = 2 \text{ mm}.$$

Faza 6. Retezare (fig. 1.43):

$$l_{c6} = l_{16} + \frac{D}{2} + l_6 = l_{16} + \frac{D}{2} + (0{,}4 \ldots 0{,}5) \cdot b_r \cdot \operatorname{tg} \alpha = 9 \text{ mm}$$

în care $D = 15$ mm; $\alpha = 15°$; $b_r = 3$ mm.

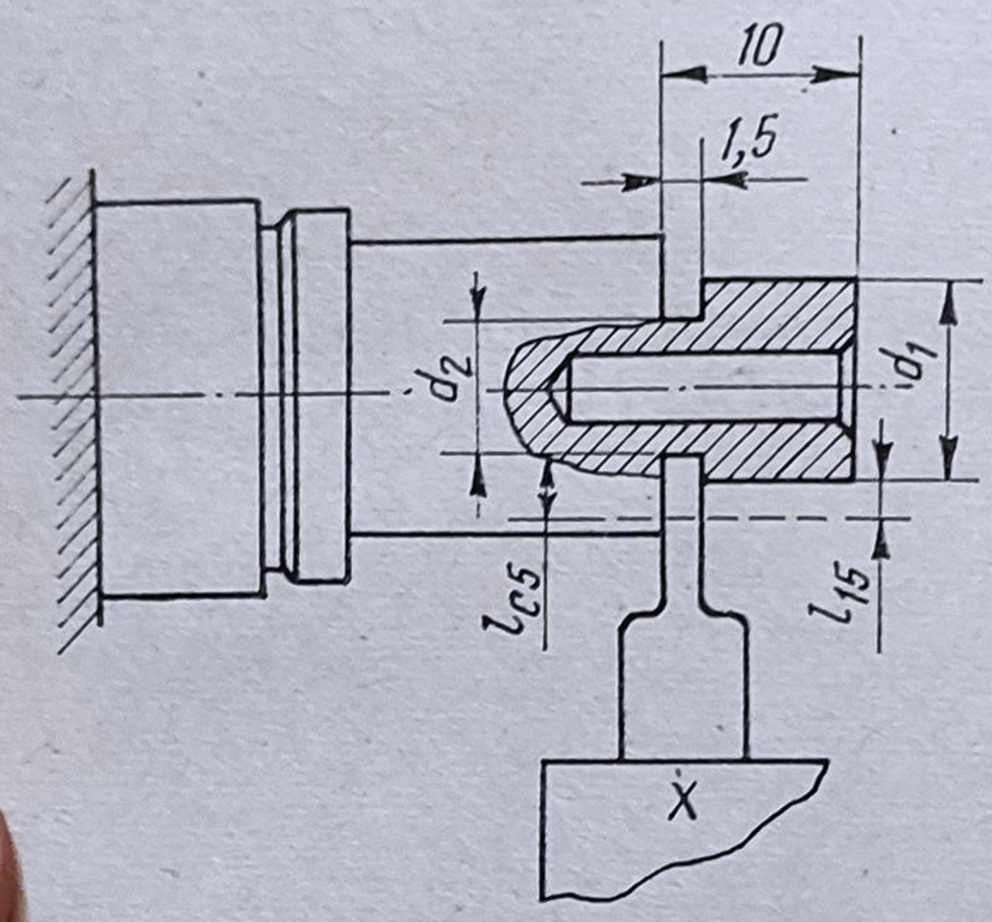


Fig. 1.42

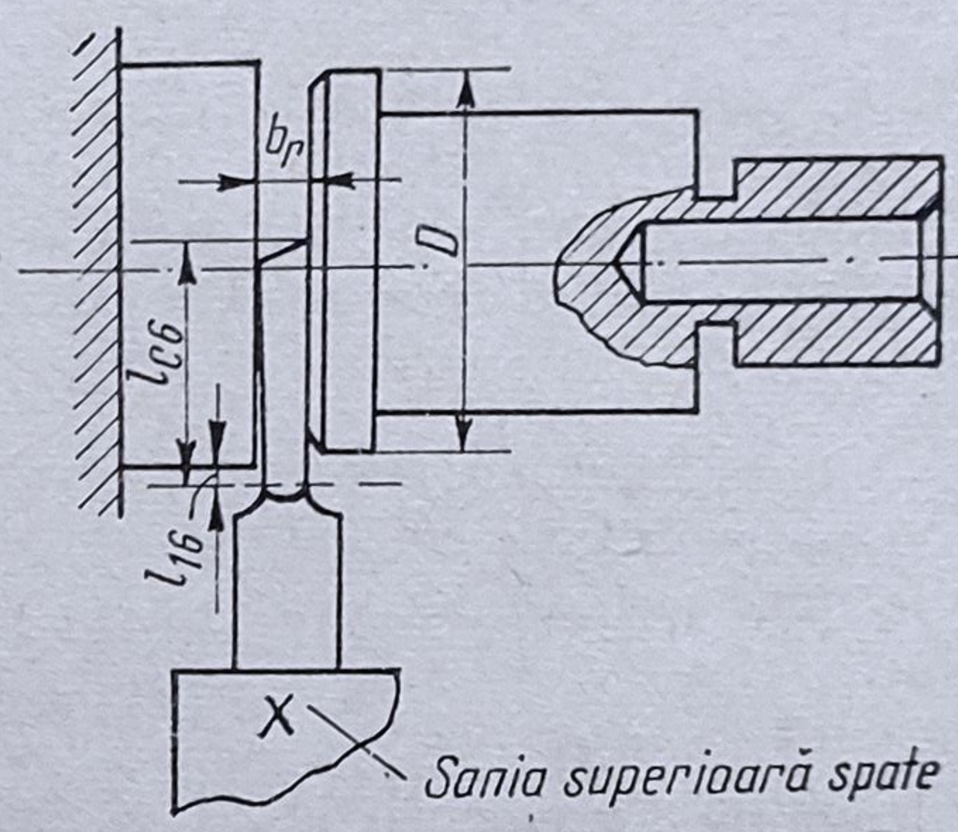


Fig. 1.43

6) *Calculul numărului de rotații ale arborelui principal pentru fiecare fază de lucru.* Cunoscînd lungimea curselor de lucru și avansul pentru fiecare fază, s-a determinat numărul de rotații pe fiecare din fazele de lucru, astfel:

— burghiere $\varnothing\ 3{,}5 \times 12$ mm — $n_{2a} = 94$ rot;

— strunjire $\varnothing\ 15 \times 30$ mm — $n_{2b} = 187$ rot;

— teșire cu teșitor $0{,}5 \times 45°$ — $n_{3a} = 38$ rot;

— strunjire $\varnothing\ 10 \times 24$ mm — $n_{3b} = 167$ rot;

— strunjire $\varnothing\ 7 \times 10$ mm — $n_{4a} = 74$ rot;

— preretezare și teșire. — $n_{4b} = 30$ rot;

— strunjire canal $\varnothing\ 5 \times 1{,}5$ mm — $n_5 = 59$ rot;

— retezare — $n_6 = 167$ rot.

Numărul total de rotații pentru fazele nesuprapuse va fi:

$$n_{tot} = n_{2b} + n_{3b} + n_{4a} + n_5 + n_6 = 187 + 167 + 74 + 59 + 167 = 654 \text{ rot}.$$

7) *Calculul timpului pentru piesă.* Timpul de lucru se determină cu relația:

$$t_l = \frac{n_{tot}}{n_a} \cdot 60 = \frac{654}{2\,437} \cdot 60 = 16{,}1 \text{ s}.$$

Timpul pentru cursele auxiliare, de mers în gol:

$$t_g = 0{,}3 \cdot t_l = 0{,}3 \cdot 16{,}1 = 4{,}83 \text{ s.}$$

Timpul total de prelucrare:

$$T = t_l + t_g = 16{,}1 + 4{,}83 = 21 \text{ s.}$$

8) *Determinarea numărului de grade pentru cursele în gol.* În funcție de lungimea piesei și durata fazelor de lucru se adoptă următoarele grade:

— pentru alimentare 17°

— o rotație a turelei 17°

Turela capului revolver execută patru rotații. Pentru desfacerea piesei se acordă jumătate de secundă căreia îi corespund 9°. Unghiul curselor în gol va fi:

— alimentare cu material 17°
— patru rotații ale turelei 4×17°
— desfacerea barei 9°

$$\alpha_g = 17 + 68 + 9 = 94°$$

Unghiul curselor de lucru ale capului revolver va fi:

$$\alpha_l = 360° - \alpha_g = 360 - 94 = 266°.$$

9) *Determinarea numărului de grade pentru fiecare fază a capului revolver și a saniilor.* Numărul de grade pentru fiecare fază se determină cu relația:

$$\alpha_{f \cdot i} = \frac{n_i}{n_{tot}} \cdot \alpha_l.$$

Aplicînd relația se determină:

— pentru strunjire	⌀ 15×30 mm	$\alpha_{f \cdot 2b} = 76°$
— pentru strunjire	⌀ 10×24 mm	$\alpha_{f \cdot 3b} = 68°$
— pentru strunjire	⌀ 7×10 mm	$\alpha_{f \cdot 4b} = 30°$
— pentru burghiere	⌀ 3,5×12 mm	$\alpha_{f \cdot 2a} = 38°$
— pentru strunjirea canalului	⌀ 5×1,5 mm	$\alpha_{f \cdot 5} = 24°$
— pentru teșire	⌀ 0,5×45°	$\alpha_{f \cdot 4b} = 12°$
— pentru teșire cu teșitorul	0,5×45°	$\alpha_{f \cdot 3a} = 15{,}5°$
— pentru retezare		$\alpha_{f \cdot 6} = 68°$

10) *Trasarea camei.* După calculul razelor pentru fiecare fază s-a trasat profilul camei în figura 1.44.

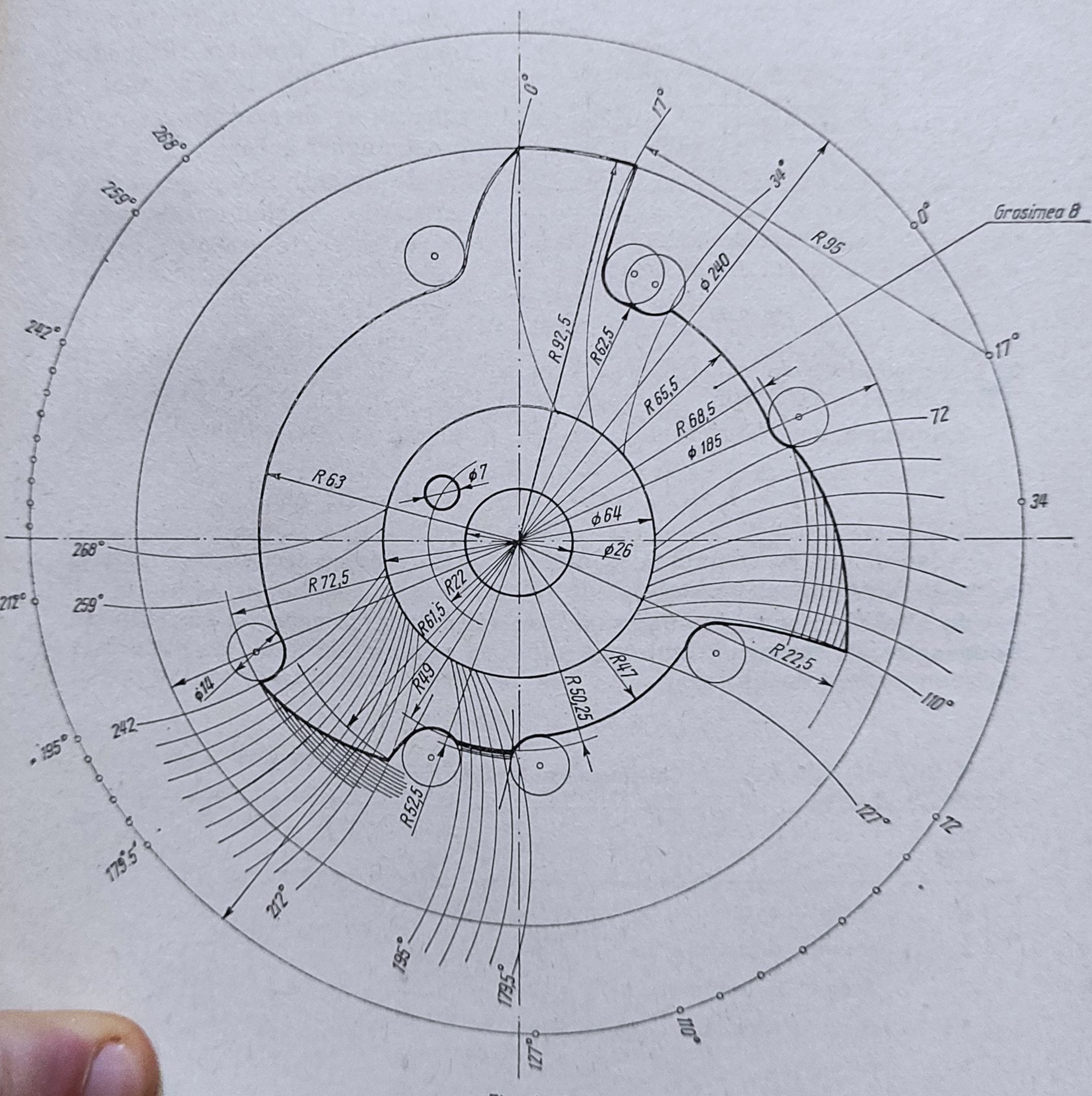

0°
17°
34°
268°
259°
242°
212°
195°
179,5°
127°
110°
72°
Grosimea B
ϕ240
R95
R92,5
R62,5
R65,5
R68,5
ϕ185
R63
ϕ7
ϕ64
ϕ26
R72,5
R22
R61,5
R49
R50,25
R47
R22,5
ϕ14
R52,5

Fig. 1.44

47. Să se întocmească fișa de reglaj pentru prelucrarea unui cep de fixare din AUT 40M — STAS 1350-67 pe un strung automat de profilat, strunjit longitudinal și retezat. Desenul piesei este prezentat în figura 1.45. [29].

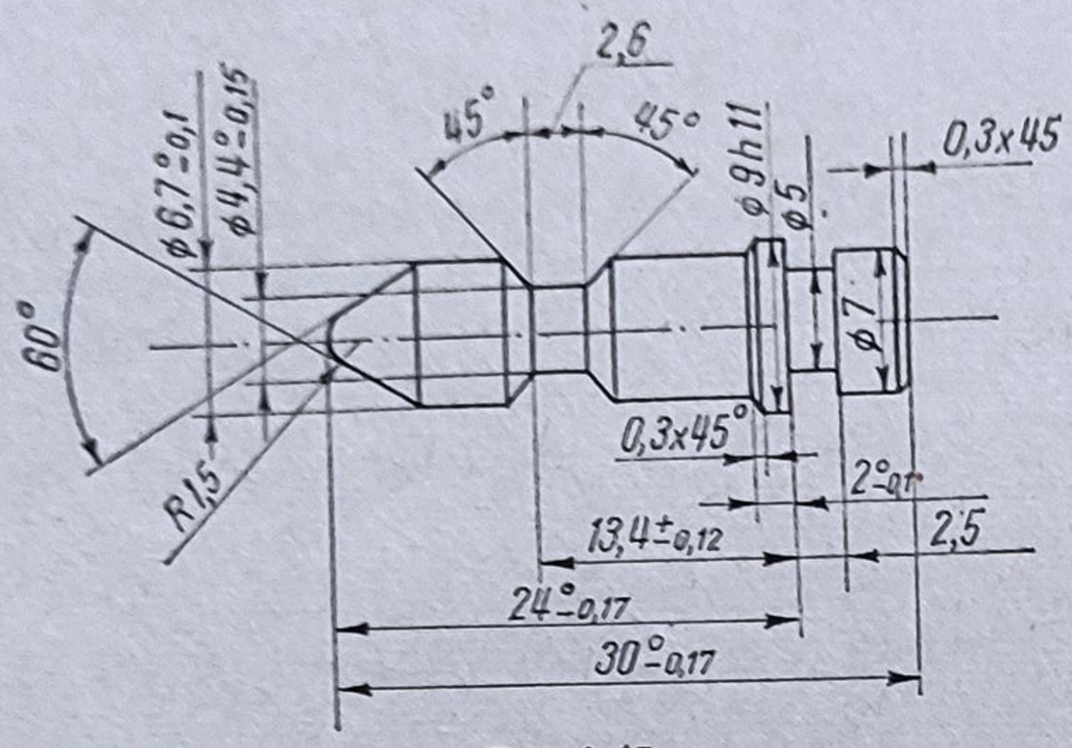


Fig. 1.45

1) *Alegerea mașinii-unelte.* Din figură se observă că piesa este relativ simplă, putîndu-se executa în mare majoritate prin operații de profilare. Dimensiunile piesei sînt relativ mici iar toleranțele de execuție realizabile pe strunguri automate. În funcție de dimensiunile piesei și caracteristicile mașinii-unelte, prelucrarea se poate executa pe strungul automat model 656-RUHLA.

2) *Alegerea semifabricatului.* În funcție de diametrul maxim al piesei se alege ca semifabricat oțel rotund calibrat tras T ⌀ 9 — h 11, STAS 1800-69/AUT 40M cu lungimea de livrare de 2 ... 6 m.

Lungimea semifabricatului, pentru o piesă, se determină cu relația:

$$l_1 = l_p + b_r + a_f = 30 + 2 + 0 = 32 \text{ mm}.$$

Adaosul pentru strunjirea frontală $a_f = 0$ deoarece precizia la lungimea piesei permite numai prelucrarea de retezare.

3) *Stabilirea succesiunii și suprapunerii fazelor.* Funcție de posibilitățile tehnologice ale strungului automat adoptat, se stabilesc fazele de prelucrare menționate în tabelul 1.8.

Tabelul 1.8

Succesiunea fazelor

Nr. fazei	Denumirea fazei	Sania
1	Strunjit ⌀ 6,7	I
2	Strunjit degajare ⌀ 4,4	III
3	Strunjit în continuare ⌀ 6,7	I
4	Strunjit degajare ⌀ 5 și 0,3 × 45°	IV
5	Strunjit ⌀ 7	V
6	Retezare cu executarea cotelor R1,5; 0,3 × 45°	II

4) *Determinarea parametrilor regimului de așchiere.* Făcînd calculul parametrilor regimului de așchiere după metodologia cunoscută pentru prelucrarea pe strunguri automate, în tabelul 1.9 se prezintă valorile parametrilor pentru cele șase faze de lucru.

Tabelul 1.9

Regimuri de așchiere

Nr. crt.	Denumirea fazei	Regim de așchiere		
		v (m/min)	n_{AP} (rot/min)	s (mm/rot)
1	Strunjire ø 6,7 × 7 mm	32	1 140	0,035
2	Strunjire degajare ø 4,4 mm	14,7	1 140	0,011
3	Strunjire ø 6,7 × 8,7 mm	32	1 140	0,035
4	Strunjire degajare ø 5 mm	17,9	1 140	0,011
5	Strunjire ø 7 mm	34	1 140	0,011
6	Retezare	32	1 140	0,009

5) *Întocmirea schițelor fazelor și calculul lungimii curselor*

Pentru ușurința completării fișei de reglaj, numerotarea mișcărilor se face astfel ca să corespundă cu cea din fișa de calcul.

1. După terminarea operației de retezare cuțitul II este retras iar cuțitul I este adus în zona de lucru, corespunzător fazei de strunjire ø 6,7 × 7 mm. Cursa de apropiere rapidă a cuțitului I este reprezentată cu linii întrerupte (fig. 1.46). Lungimea cursei transversale a cuțitului II este:

$$l_{t2} = \frac{d_s + l}{2} - \frac{d_{p5}}{2} = \frac{9 + 1}{2} - \frac{6,7}{2} = 1,65 \text{ mm},$$

în care d_s este diametrul semifabricatului, în mm, iar d_{p5} — diametrul piesei la faza de lucru următoare, în mm.

5. După apropierea cuțitului I se execută avansarea materialului pe lungimea de 3,6 mm, rămînînd o distanță de siguranță între cuțitul I și partea conică a piesei de circa 2,3 mm (fig. 1.47), urmînd o deplasare longitudinală a semifabricatului pentru strunjirea la ø $6,7_{-0,1}$ mm cu valoarea:

$$l_5 = 24 - 13,4 - 3,6 = 7 \text{ mm}.$$

6. Strunjirea de degroșare ø 4,4 mm executată de cuțitul III (fig. 1.48), se poate executa fără înaintarea prealabilă a materialului, prin poziționarea cuțitului în plan transversal.

$$l_{t6} = \frac{d_s + l}{2} - \frac{d_{p6}}{2} = \frac{10 - 4,4}{2} = 2,8 \text{ mm}.$$

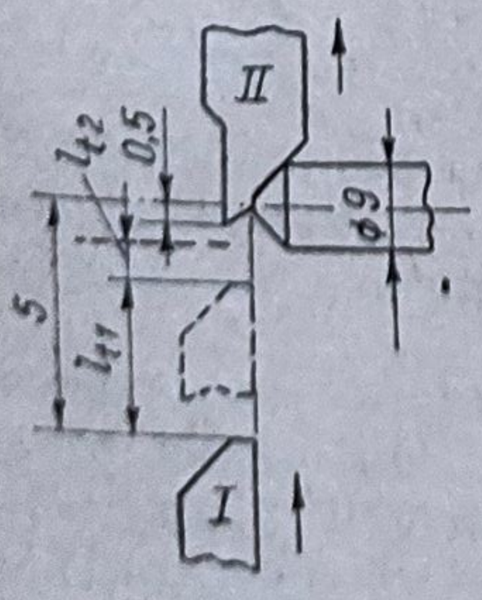


Fig. 1.46

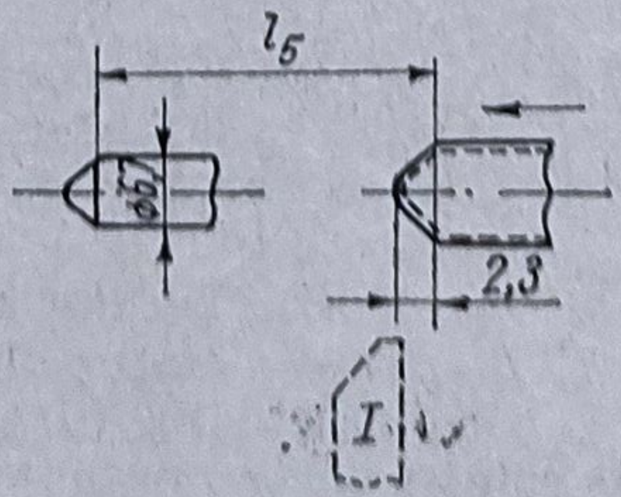


Fig. 1.47

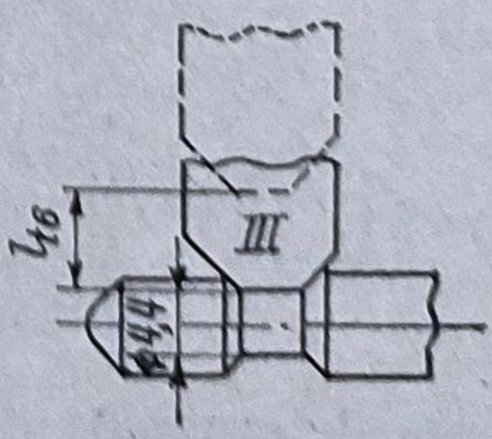


Fig. 1.48

10. Se continuă strunjirea la $\varnothing\ 6{,}7_{-0{,}1}$ mm după ce materialul a înaintat în prealabil cu 2,8 mm respectîndu-se și în acest caz o distanță de siguranță pentru cuțitul I (fig. 1.49):

$$l_{10} = 30 - (3{,}5 + 7 + 2{,}8 + 8) = 8{,}7 \text{ mm}$$

14. Se execută strunjirea de degroșare la $\varnothing$ 5 mm și teșirea de $0{,}3 \times 45°$ după ce materialul a înaintat în prealabil cu 2 mm, care este lungimea egală cu lățimea umărului (fig. 1.50):

$$l_{t14} = \frac{d_s + l}{2} - \frac{d_{p14}}{2} = \frac{10 - 5}{2} = 2{,}5 \text{ mm.}$$

18. Înaintarea materialului se face pe distanța:

$$l_{18} = 30 - 22 = 8 \text{ mm.}$$

19. Cuțitul *V* execută strunjirea la $\varnothing$ 7 și teșirea de $0{,}3 \times 45°$ cu pereteze-rea corespunzătoare, prin deplasare transversală (fig. 1.51):

$$l_{t19} = \frac{d_s + l}{2} - \frac{d_{p19}}{2} = \frac{10 - 7}{2} = 1{,}5 \text{ mm.}$$

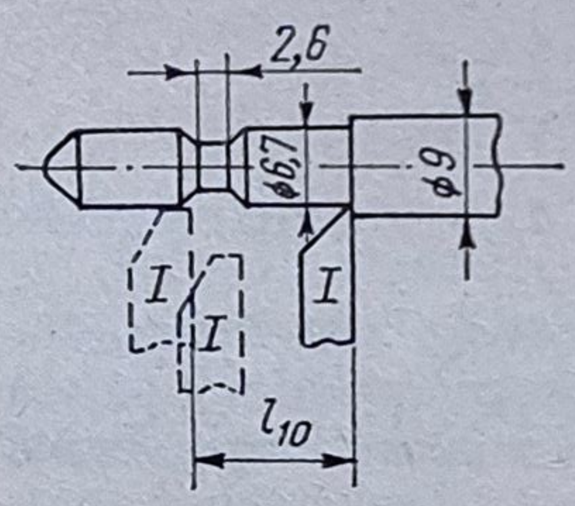


Fig. 1.49

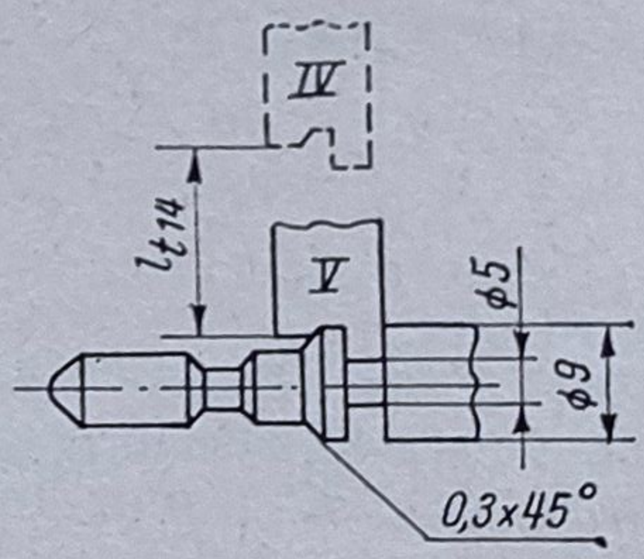


Fig. 1.50

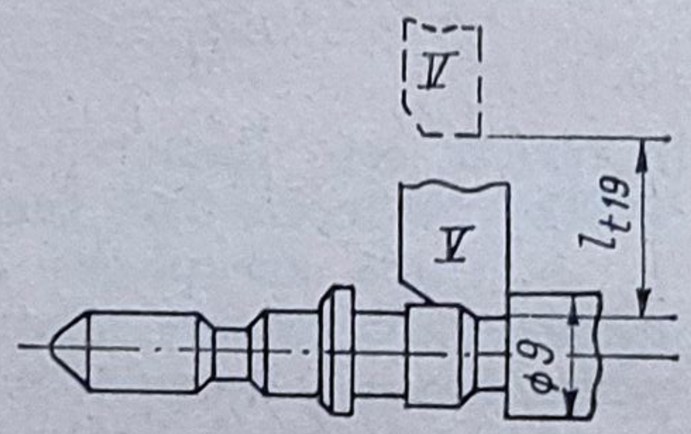


Fig. 1.51

22. Retezarea se execută cu cuțitul II prin depășirea axei de simetrie cu 0,5 mm (fig. 1.52):

$$l_{t22} = \frac{d_s + l}{2} + 0{,}5 = 5{,}5 \text{ mm.}$$

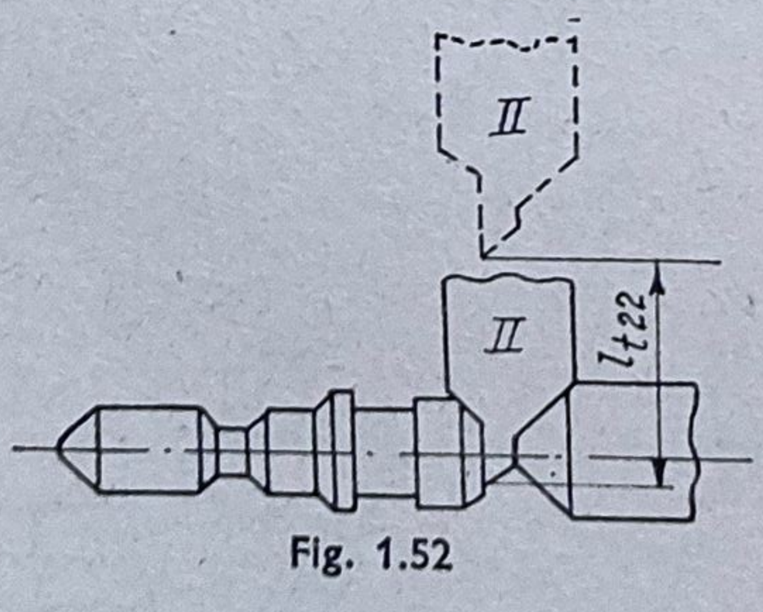


Fig. 1.52

24. Retragerea glisorului se face longitudinal cu:

$$l_{2.24} = l_p + b_r = 30 + 2 = 32 \text{ mm.}$$

Cursele transversale executate de fiecare cuțit la retragerea din zona de lucru au aceeași valoare ca la aducerea în zona de lucru.

6) *Calculul numărului de rotații pentru fiecare fază activă.* Folosind relația corespunzătoare, în care raportul $n_{AI}/n_{Ap} = 1$, s-a determinat numărul de rotații pentru fiecare fază activă și s-a trecut în tabelul 1.10 în coloana 8.

Tabelul 1.19

Fișa de reglaj pentru executarea piesei

Suport	Nr. fazei	Denumirea fazei	l_{ef} (mm)	h_e (mm)	Avans (mm/rot)	N_{af}, (rot)		Diviziuni		Programare		Raza camei	
					real	calcul	real	S_a	S_y	β^d	β^d	De la	Pînă la
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
II	1	Retragere cuțit II	5,5	11					3	0	3	66,75	55,75
I	2	Apropiere cuțit I	1,65	4,95					3	0	3	60	55,05
	3	Pauză							0,5	3	3,5		
P	4	Înaintare material	3,5	3,5					1	3,5	4,5	94,75	98,25
P	5	Strunjire ø 6,7	7	7	0,035	200	200	11		4,5	15,5	98,25	105,25
III	6	Strunjire degroșare ø 4,4	2,8	5,6	0,011	255	255	14		15,5	29,5	55	60
	7	Pauză							0,5	29,5	30		
III	8	Retragere cuțit III	2,8	5,6					3	30	33	60	55
P	9	Înaintare material	2,8	2,8					1	33	34	105,25	108,05
P	10	Strunjire ø 6,7 (continuare)	8,7	8,7	0,035	248	248	13,5		34	47,5	108,05	116,75
	11	Pauză							0,5	47.5	48		
I	12	Retragere cuțit I	1,65	4,95					2	48	50	55,05	60
P	13	Înaintare material	2	2					1	50	51	116,75	118,75
IV	14	Strunjire degroșare ø 5 și teșire	2,5	5	0,011	226	126	12,5		51	63,5	55	60
	15	Pauză							0,5	63,5	64		
IV	16	Retragere cuțit IV	2,5	5					3	64	67	60	55
	17	Pauză							0,5	67	67,5		
P	18	Înaintare material	8	8					2	67,5	69,5	118,65	126,75
V	19	Strunjire ø 7	1,5	3	0,011	136	136	7,5		69,5	77	57	60
	20	Pauză							0,5	77	77,5		
V	21	Retragere cuțit V 1,3	1,3	3					3	77,5	80,5	60	57
II	22	Reezare	5,5	11	0,009	610	615	34		77	111	55,75	66,75
	23	Deofacere bucșă stringere							2	111	113		
P	24	Retragere glisor	32	32					2	113	115	126,75	94,75
	25	Stringere bucșă							5	115	120		
	Total					1 675	1 680	92,5	27,5				

7) *Calculul înălțimii pe camă.* Ținînd seama de indicațiile date în cartea tehnică a mașinii privind domeniul de reglare a raportului dintre brațele de acționare a pîrghiilor pentru acționarea păpușii fixe și raportul brațelor pîrghiilor de acționare pentru cele cinci cuțite în plan transversal, înălțimea pe camă, în funcție de lungimea cursei de lucru, se determină cu relația:

$$h_{ci} = l_{ci} \frac{a}{b} \text{ [mm]},$$

în care a este lungimea brațului port-rolă, în mm iar b — lungimea brațului de acționare a saniei, în mm. Astfel pentru:

faza 1: $h_{c1} = 5{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 11$ mm

faza 2: $h_{c2} = 1{,}65 \cdot \frac{3}{1} = 4{,}95$ mm

faza 4: $h_{c4} = 3{,}5 \cdot \frac{1}{1} = 3{,}5$ mm

faza 5: $h_{c5} = 7 \cdot \frac{1}{1} = 7$ mm

faza 6: $h_{c6} = 2{,}8 \cdot \frac{2}{1} = 5{,}6$ mm

faza 8: $h_{c8} = 2{,}8 \cdot \frac{2}{1} = 5{,}6$ mm

faza 9: $h_{c9} = 2{,}8 \cdot \frac{1}{1} = 2{,}8$ mm

faza 10: $h_{c10} = 8{,}7 \cdot \frac{1}{1} = 8{,}7$ mm

faza 12: $h_{c12} = 1{,}65 \cdot \frac{3}{1} = 4{,}95$ mm

faza 13: $h_{c13} = 2 \cdot \frac{1}{1} = 2$ mm

faza 14: $h_{c14} = 2{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 5$ mm

faza 16: $h_{c16} = 2{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 5$ mm

faza 18: $h_{c18} = 8 \cdot \frac{1}{1} = 8$ mm

faza 19: $h_{c19} = 1{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 3$ mm

faza 21: $h_{c21} = 1{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 3$ mm

faza 22: $h_{c22} = 5{,}5 \cdot \frac{2}{1} = 11$ mm

faza 24: $h_{c24} = 1{,}65 \cdot \frac{2}{1} = 4{,}95$ mm.

8) *Calculul timpului preliminar pe piesă.* Timpul preliminar se determină cu relația:

$$t'_a = \frac{N'_{a_{tot}}}{n_{At}} \cdot 60 = \frac{1\,675}{1\,140} \cdot 60 = 88 \text{ s.}$$

Timpul preliminar de mers în gol, pentru fazele auxiliare, la prelucrarea unei piese de complexitate medie, din bară, este:

$$t'_g = (0{,}2 \ldots 0{,}4)\, t'_a = 0{,}3 \cdot 88 = 26{,}4 \text{ s.}$$

Timpul total preliminar pe piesă va fi:

$$T'_p = t'_a + t'_g = 88 + 26{,}4 = 114{,}4 \text{ s.}$$

9) *Calculul numărului de diviziuni aferente fazelor.* Pentru determinarea numărului de diviziuni aferente curselor în gol în funcție de timpul total preliminar pe piesă, de înălțimea pe camă și raza minimă la urcare sau coborîre, din cartea mașinii se găsesc următoarele diviziuni pentru cursele în gol:

faza 1: $R_1^{min} = 55{,}75$ mm; $h_{c1} = 11$ mm; $T'_p = 114{,}4 \rightarrow s_{g1} = 3$ div.

faza 2: $R_2^{min} = 55{,}05$ mm; $h_{c2} = 4{,}95$ mm; $T'_p = 114{,}4 \rightarrow s_{g2} = 3$ div.

În mod identic se găsește numărul de diviziuni și pentru celelalte faze. Pentru deschiderea bucșei elastice se indică valoarea de 2 diviziuni, pentru strîngere 5 diviziuni, iar pentru pauză se recomandă valoarea de 0,5 diviziuni. Numărul total de diviziuni la mers în gol va fi:

$$s_{g\ tot} = 27{,}5 \text{ div.}$$

Deoarece cama este împărțită în 120 diviziuni, numărul total de diviziuni pentru cursele active va fi:

$$s_{a\ tot} = 120 - s_{g\ tot} = 120 - 27{,}5 = 92{,}5 \text{ div.}$$

Timpul total pentru piesă, calculat, va fi:

$$T''_p = \frac{120 \cdot t'_a}{s_{a\ tot}} = \frac{120 \cdot 88}{92{,}5} = 114 \text{ s.}$$

Cel mai apropiat timp pe piesă, corespunzător turației alese este de 115 s.

Numărul total de rotații echivalente, pentru întreg ciclul de lucru este:

$$N_{tot} = \frac{T_p \cdot n_{Ai}}{60} = \frac{115 \cdot 1\,140}{60} = 2\,180 \text{ rot.}$$

Pentru cursele active rezultă următorul număr de rotații:

$$N_{a\ tot} = N_{tot}\left(1 - \frac{s_{g\ tot}}{s_{tot}}\right) = 2\,180\left(1 - \frac{27{,}5}{120}\right) = 1\,680 \text{ rot.}$$

Deci,

$$N_a = N_{a\ tot} - N'_{a\ tot} = 1\,680 - 1\,675 = 5 \text{ rot.}$$

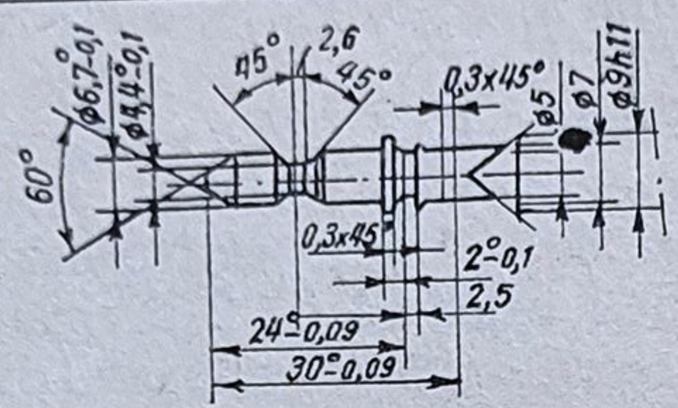
care se atribuie fazei de retezare.

Cunoscînd numărul real de rotații pentru fiecare fază, numărul total de rotații echivalente și numărul total de diviziuni pentru fazele active, se poate determina numărul de diviziuni pentru fiecare fază. De exemplu pentru faza 5:

$$s_{a5} = \frac{s_{a\ tot}}{N_{tot}} \cdot N_{a5} = \frac{92{,}5}{1\,680} \cdot 200 = 11 \text{ div.}$$

Numărul de diviziuni pentru toate fazele se calculează în mod identic, valoarea acestora fiind trecută în coloana 10 a fișei de calcul (tab. 1.10).

I.P. Iași Facultatea de mecanică	Foaie de reglaj pentru prelucrarea pe



Denumirea piesei:
Cep de fixare a capacului

Material
AUT 40M STAS 1350-67

Semifabricat
bară 420-25 00 h 11 STAS 7800-69

Suport	Număr fază	Denumirea fazei	L_i mm	Programare S^i	Programare S^f
II	1	Retras cuțit II	5,5	0	3
I	2	Adus cuțit I	1,65	(0)	(3)
	3	Pauză		3	3,5
P	4	Înaintare material	3,5	3,5	4,5
P	5	Strunjit ⌀ 6,7	7	4,5	19,5
III	6	Strunjit degajare ⌀ 4,4	2,8	19,5	29,5
	7	Pauză		29,5	30
III	8	Retras cuțit III	2,8	30	33
P	9	Înaintare material	2,8	33	34
P	10	Strunjit ⌀ 6,7	8,7	34	47,5
	11	Pauză		47,5	48
I	12	Retras cuțit I	1,65	48	50
P	13	Înaintare material			
IX	14	Strunjit degajare ⌀ 5 și 0,3 × 45°	2,5	51	63,5
	15	Pauză		63,5	64
IV	16	Retras cuțit IV	2,5	64	67
	17	Pauză		67	67,5
P	18	Înaintare material	8	67,5	69,5
V	19	Strunjit ⌀ 7	1,5	69,5	77
	20	Pauză		(77)	(77,5)
V	21	Retras cuțit V	1,5	(77,5)	(80,5)
II	22	Retezat cu 60° 1 = 1,5; 0,3 × 45°	5,5	77	111
	23	Declanșat		111	113
P	24	Retras glisor	32	113	115
	25	Strîns bucșă		115	120

reglaj

Tabelul 1.11

strunguri automate de profilat și strunjit longitudinal | Tipul strungului RUHLA 656

Suport	Raportul pîrghiilor	Număr desen sculă	Număr desen camă
I	2:1		
II	3:1		
III	3:1		
IV	3:1		
V	3:1		
P	0,9:1		
AV	1:1		

Tratația arborelui principal: n_{np} — 1 140 rot/min

Poziția manetelor: II, V, VI, 3, 6, 8

CAME

DISC

P	S Nr. 1	S Nr. 2	S Nr. 3,4	S Nr. 5
SMCA 1821	SMCA 1822	SMCA 1823	SMCA 1824	SMCA 1825

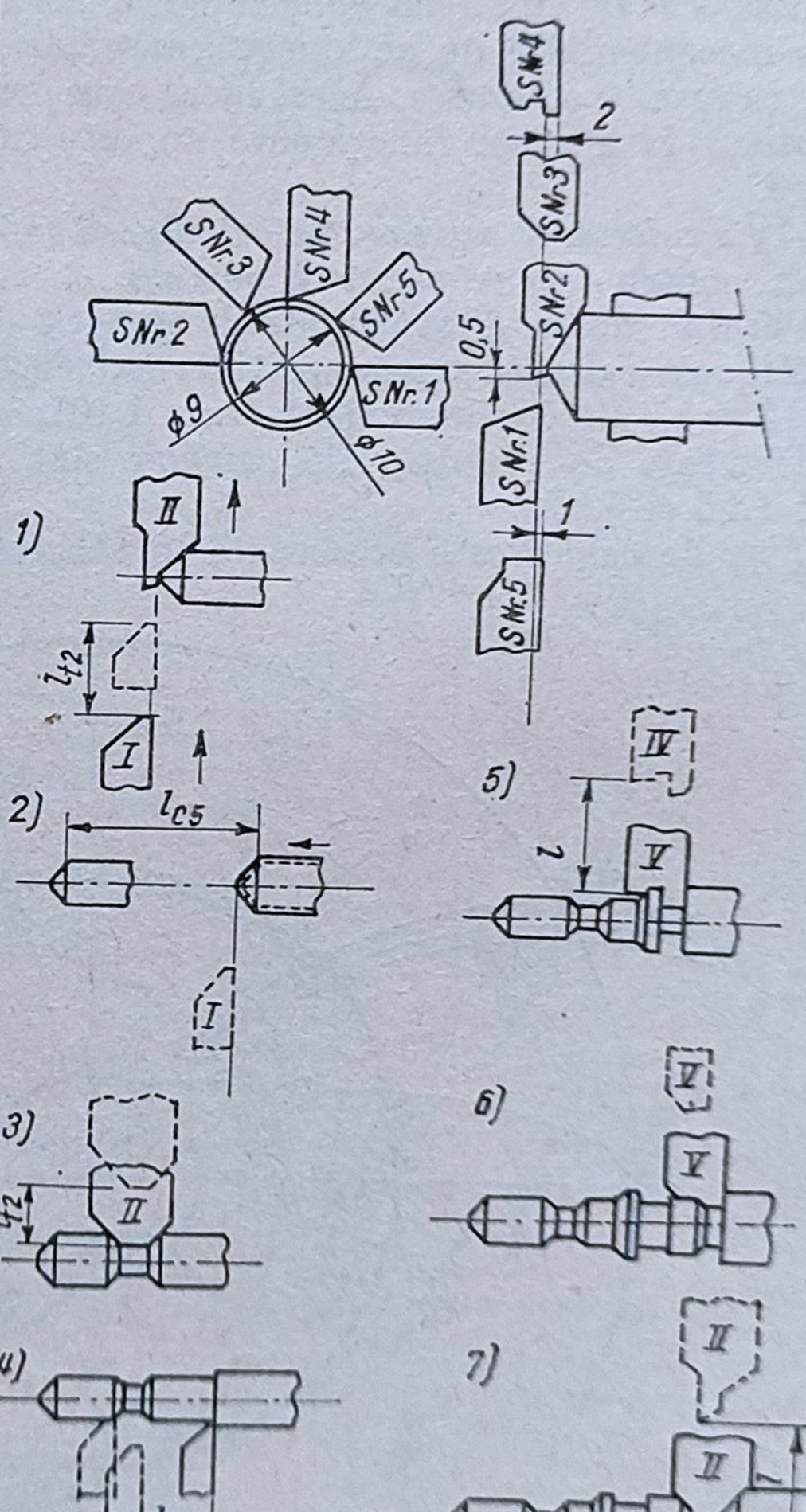
Cap revolver

SCULE

Cuțite

S Nr. 1	S Nr. 2	S Nr. 3	S Nr. 4	S Nr. 5
SN 3799	SMCA 1826	SMCA 1827	SMCA 1828	SMCA 1829

Bucșe	Lunetă	Bucșa CR	Port bac filieră
	SMCA 182[illegible]		



10) *Programarea în timp a succesiunii fazelor.* În baza ciclului de lucru și a numărului de diviziuni ale curselor active și de mers în gol, se calculează diviziunile de început s^i și cele de sfîrșit, s^f pentru fiecare fază cu relația:

$$s_j^i = s_{j-1}^f \quad \text{și} \quad s_j^f = s_j^i + s_j.$$

Fazele suprapuse se intercalează în timpul fazei peste care se suprapune în conformitate cu desfășurarea prelucrării. Valorile efective sînt trecute în coloanele 12 și 13 ale fișei de calcul (tab. 1.10). Din analiza coloanelor se constată că nu sînt decît două suprapuneri la fazele 1 și 2, impusă de funcționarea mecanismului de acționare a săniilor cuțitelor I și II și fazele 20 și 21 suprapuse cu retezarea. Acest lucru este posibil pentru că retezarea se face cu cuțitul II a cărui funcționare nu este împiedicată de cuțitul V care se retrage.

11) *Proiectarea camelor.* Se calculează razele pozițiilor extreme ale culegătorului pentru fiecare camă în parte.

Pornind de la dimensiunile de gabarit ale fiecărei came date în cartea mașinii, s-au calculat razele pozițiilor extreme, valorile fiind indicate în coloanele 14 și 15 ale fișei de calcul, (tab. 1.10).

Desenele de execuție ale camelor sînt indicate în figurile 1.53; 1.54; 1.55; 1.56 și 1.57.

Fișa de calcul este prezentată în tabelul 1.11.

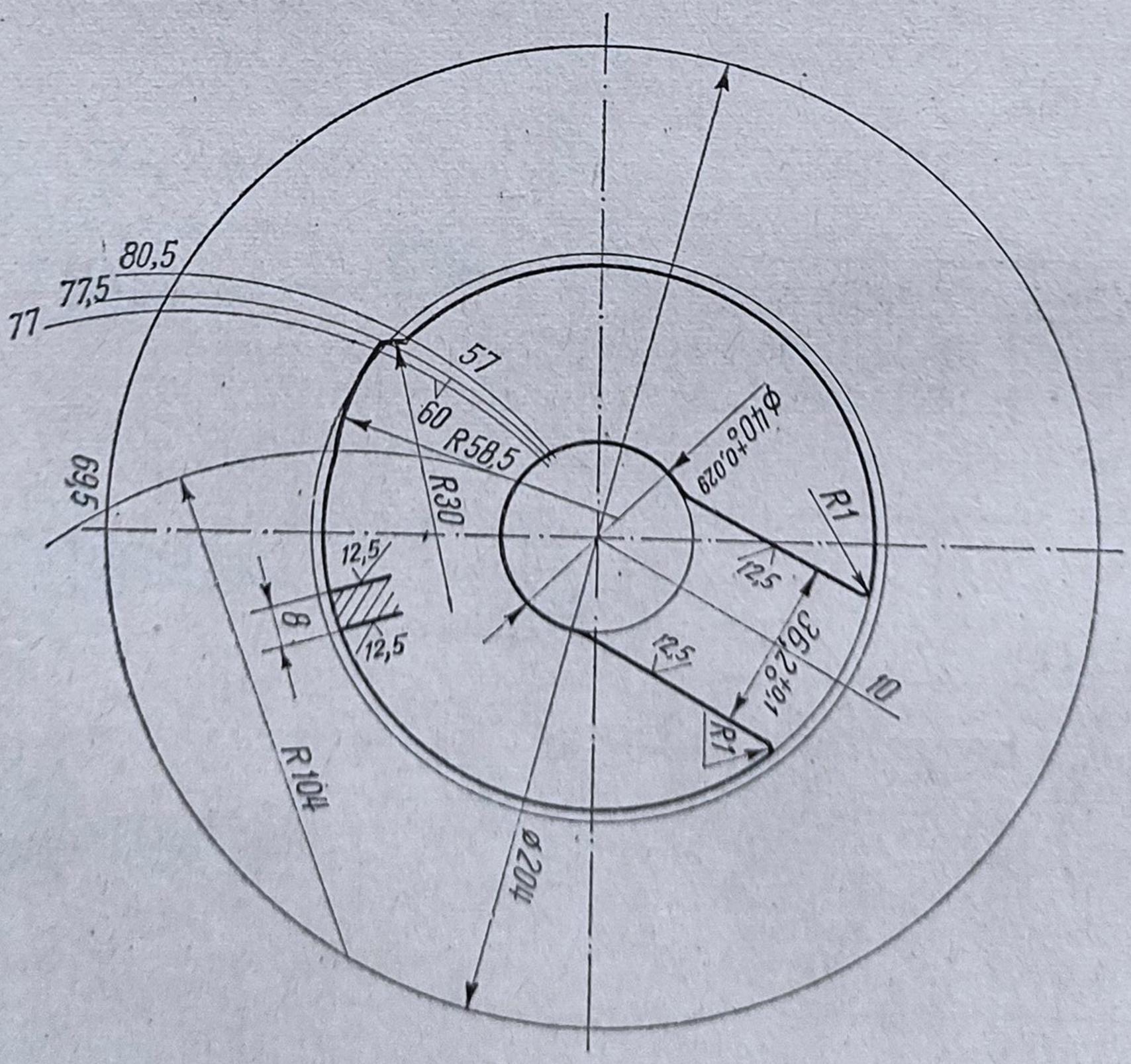


Fig. 1.53

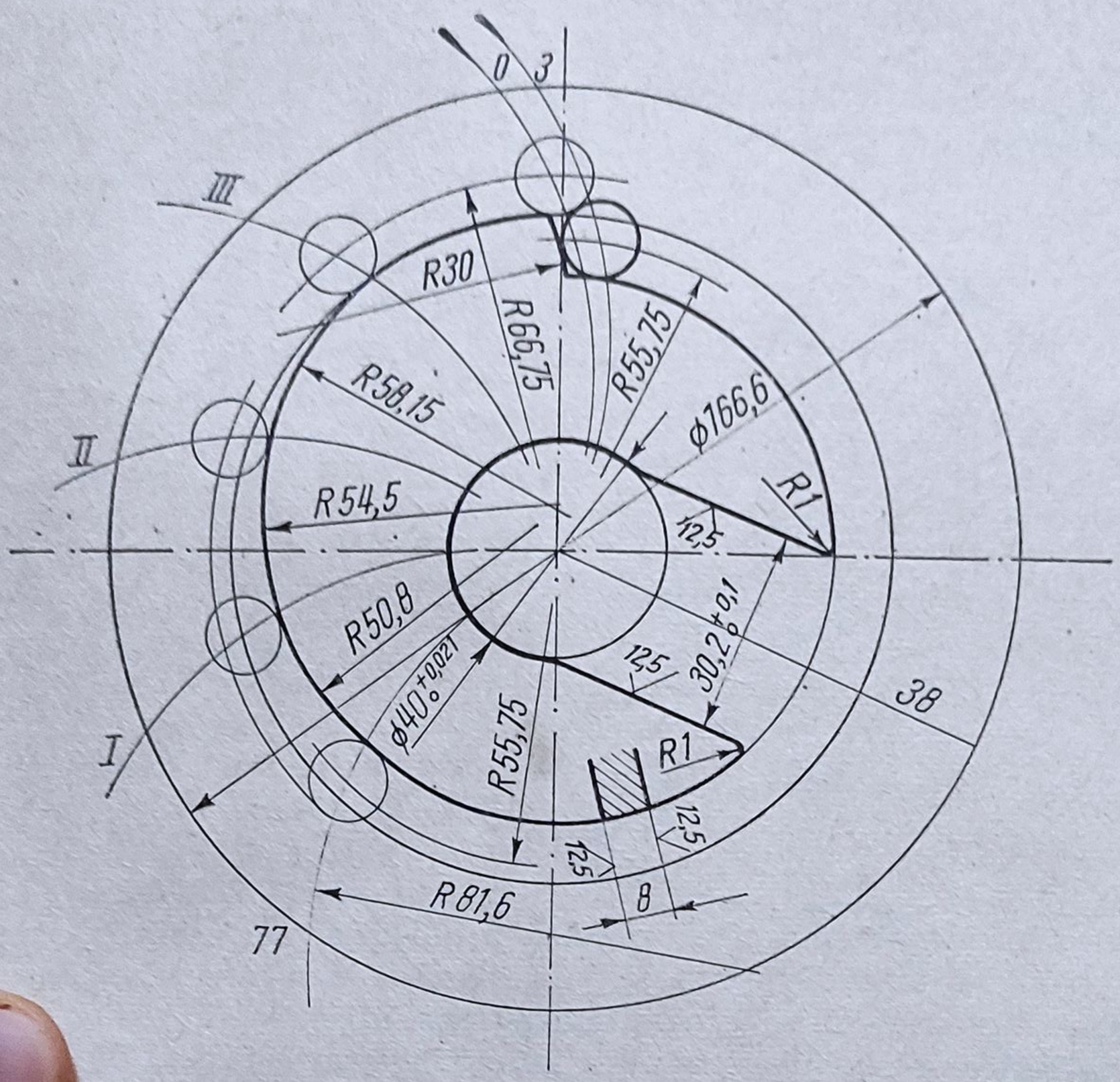


Fig. 1.54

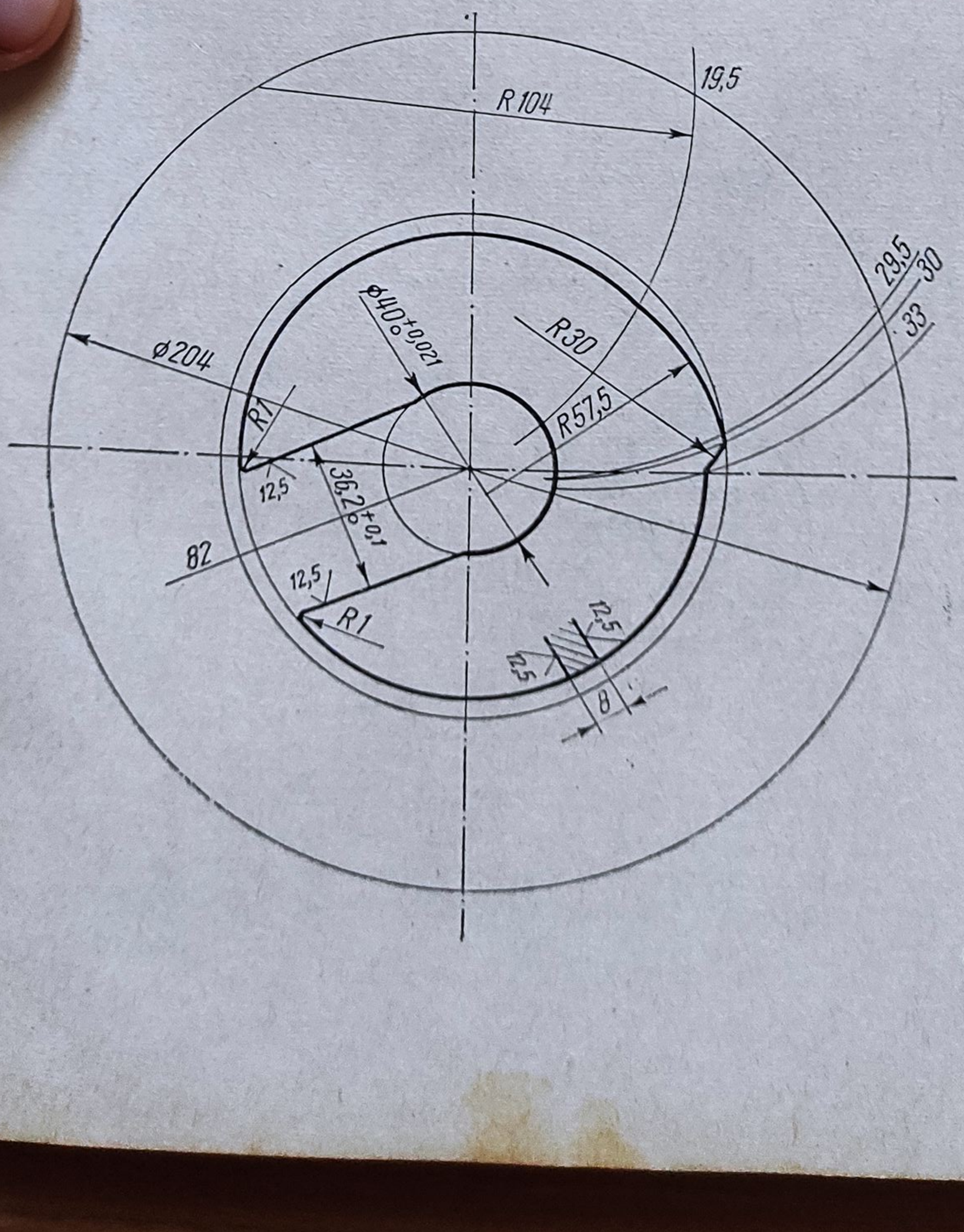


Fig. 1.55

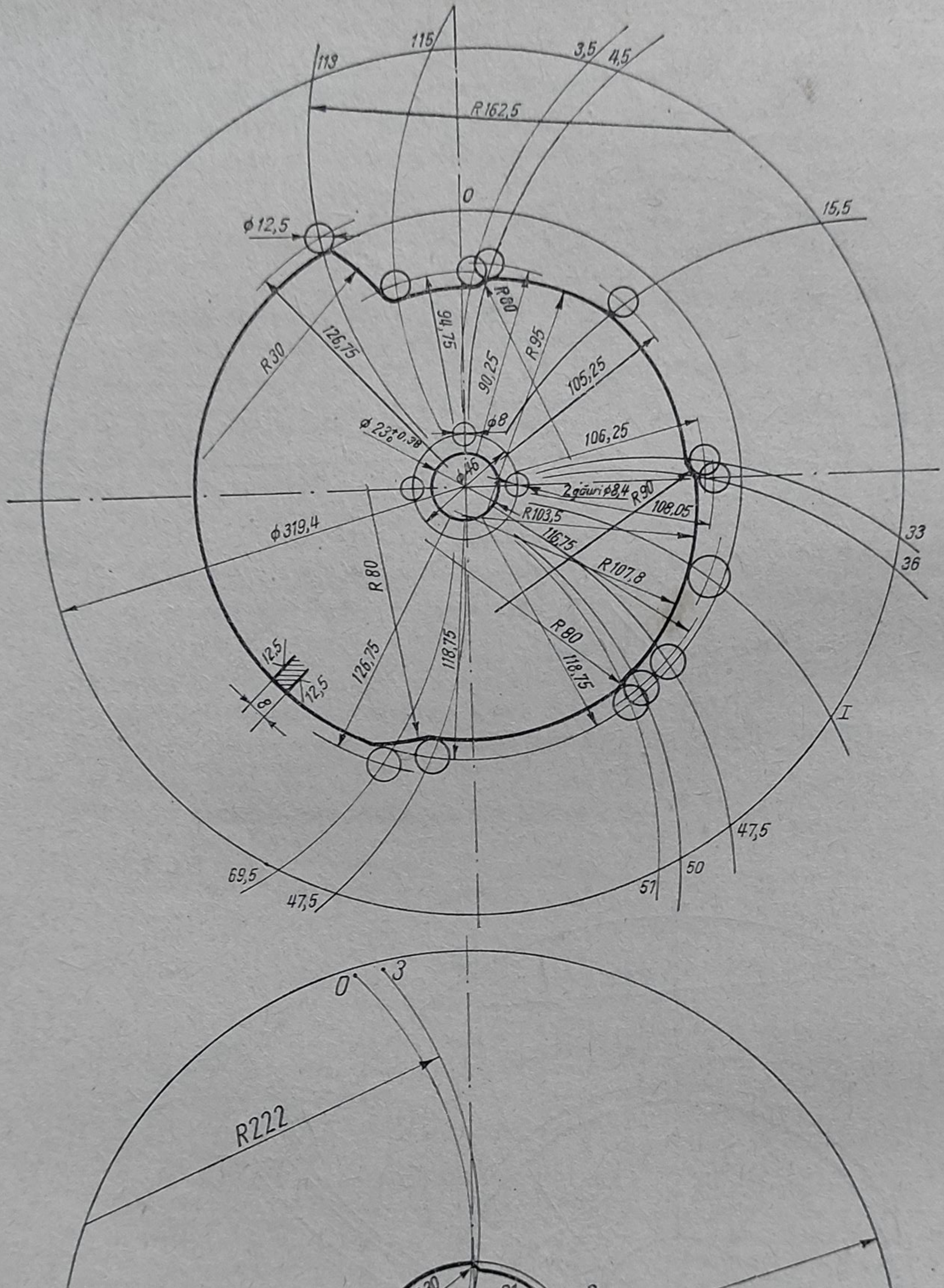


Fig. 1.56

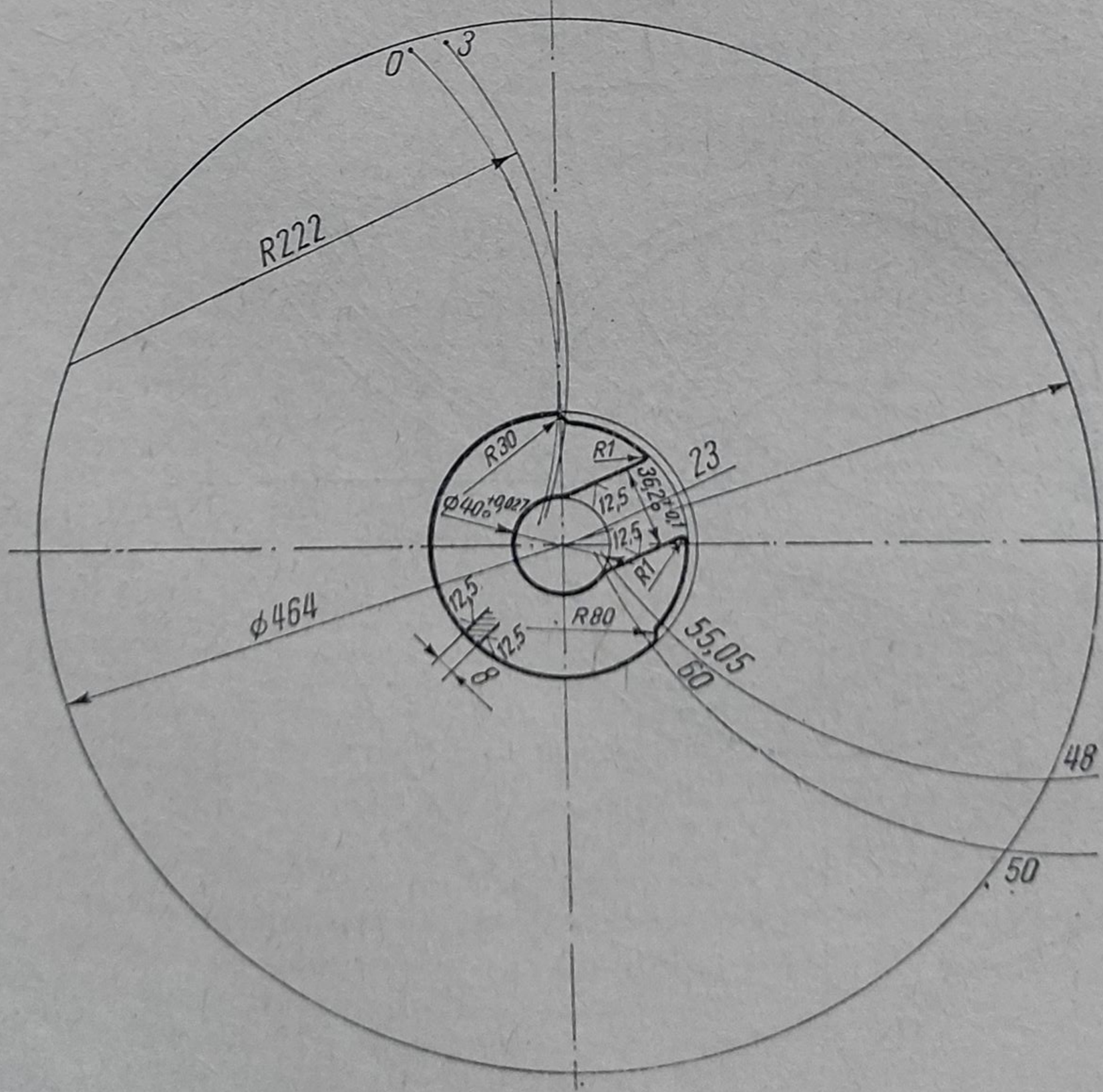


Fig. 1.57

48. Să se întocmească foaia de calcul și reglaj pentru prelucrarea unui racord de trecere pe un strung automat cu patru axe. Desenul piesei este prezentat în figura 1.58 și se execută din materialul Aut 12 STAS 1350-61 [29].

Rezolvare.

1) *Alegerea mașinii-unelte.* Avînd în vedere forma piesei și dimensiunile ei se alege un strung automat multiax model 123-4.

2) *Alegerea semifabricatului.* În desenul piesei este indicat ca material Aut 12. Se pornește de la deschiderea cheii de 22 mm și se alege ca semifabricat bară hexagonală trasă STAS 2305-64/ Aut 12 STAS 1350-61.

Lungimea semifabricatului corespunzătoare prelucrării unei piese se determină cu relația:

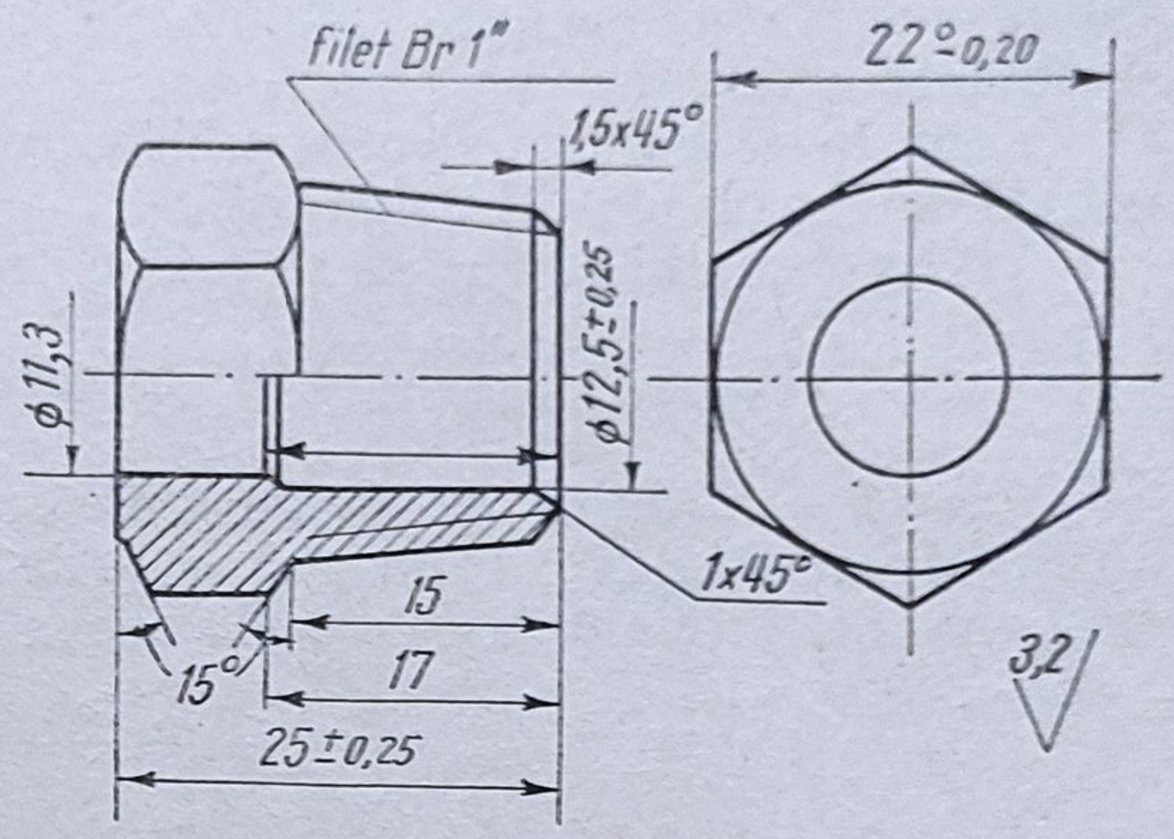


Fig. 1.58

$$l_1 = l_p + b_r + a_f =$$
$$= 25 + 3 + 0 = 28 \text{ mm}.$$

3) *Stabilirea succesiunii fazelor.* Stabilirea succesiunii fazelor se face ținîndu-se seama de posibilitățile de prelucrare ale aceluiași post de lucru, cu sculele din suportul longitudinal central și din săniile transversale.

Succesiunea fazelor necesare prelucrării piesei date este indicată în tabelul 1.12.

Tabelul 1.12

Succesiunea fazelor

Nr. fazei	Denumirea fazei	Post	Suport
1	Centruire (burghiu ⌀ 18)	I	Longitudinal
2	Strunjire de profilare		Transversal
3	Burghiere ⌀ 12,5 × 17	II	Longitudinal
4	Burghiere ⌀ 11,3 × 8		Disp. rapid
5	Strunjire de profilare (finisare)	III	Transversal
6	Filetare		Disp. filetare
7	Retezare	IV	Transversal
8	Alimentare		Tampon basculant

4) *Determinarea parametrilor regimului de așchiere.* Ținînd seama de faptul că strungul automat multiax model 123-4 asigură o singură turație a barei în toate posturile de lucru precum și de faptul că avansul sculelor fixate în suportul longitudinal central este comandat de aceeași camă, rezultă că după

stabilirea fazei limită este necesară o ajustare a parametrilor regimului de așchiere, în sensul asigurării unei durate aproximativ egale a fazelor executate în cele patru posturi de lucru. La început se calculează numai avansurile și vitezele de așchiere economice, urmînd ca după definitivarea valorilor acestora, pe baza fazei limită, să se calculeze forțele de așchiere și puterea necesară.

Faza 1 — Centruire. Pentru prelucrarea cu un burghiu ⌀ 18 mm se recomandă un avans de 0,15 mm/rot.

Viteza de așchiere din anexa 1.4 pentru $s < 0{,}2$ mm/rot este:

$$V_{100} = \frac{2{,}4 \cdot 18^{0{,}4}}{0{,}15^{0{,}7}} = 31 \text{ m/min}; \quad n = 680 \text{ rot/min}.$$

Faza 2 — Strunjire de profilare. Pentru lățimea cuțitului de profilat de 30 mm și diametrul maxim de prelucrare de 21,5 mm se recomandă un avans de 0,10 mm/rot. Viteza de așchiere din anexa 1.4 este:

$$V_{100} = \frac{12{,}6}{0{,}1^{0{,}5}} = 40{,}5 \text{ m/min}; \quad n = 610 \text{ rot/min}.$$

Faza 3 — Burghiere ⌀ 12,5 mm. Pentru un burghiu ⌀ 12,5 mm avansul recomandat este 0,12 mm/rot și viteza:

$$V_{100} = \frac{2{,}4 \cdot 12{,}5^{0{,}4}}{0{,}12^{0{,}7}} = 29 \text{ m/min}; \qquad n = 890 \text{ rot/min}.$$

Faza 4 — Burghiere ⌀ 11,3 mm. Se recomandă avansul de 0,12 mm/rot iar viteza se determină cu relația din anexa 1.4 și va fi $V_{100} = 27{,}8$ m/min. Corespunzătoare acesteia $n = 775$ rot/min.

Faza 5 — Strunjire de profilare de finisare. Pentru un adaos pe rază de 0,35 mm și diametrul minim de prelucrare 20 mm se recomandă un avans de 0,055 mm/rot. Pentru lățimea de 30 mm coeficientul de corecție este de 0,85, așa încît avansul de lucru va fi 0,045 mm/rot. Din anexa 1.4 se determină viteza de așchiere pentru un avans $s \leqslant 0{,}05$ mm/rot ca fiind $V_{100} = 65$ m/min căreia îi corespunde $n = 965$ rot/min.

Faza 6 — Filetare. În acest caz avansul este egal cu pasul filetului de 1,814 mm, iar viteza de așchiere va fi de 12 m/min.

Faza 7 — Retezare. Pentru lățimea cuțitului de 3 mm avansul recomandat este de 0,05 mm/rot. Calculînd viteza de așchiere se ajunge la valoarea $V_{100} = 63{,}5$ m/min căreia îi corespunde $n = 1\,260$ rot/min.

5) *Întocmirea schițelor fazelor și calculul lungimii curselor.* Schițele de lucru se vor întocmi separat pe fiecare post de lucru.

Faza 1 — Centruirea (fig. 1.59) se efectuează cu un burghiu ⌀ 18 mm fixat în suportul longitudinal central. Lungimea cursei de lucru se determină cu relația:

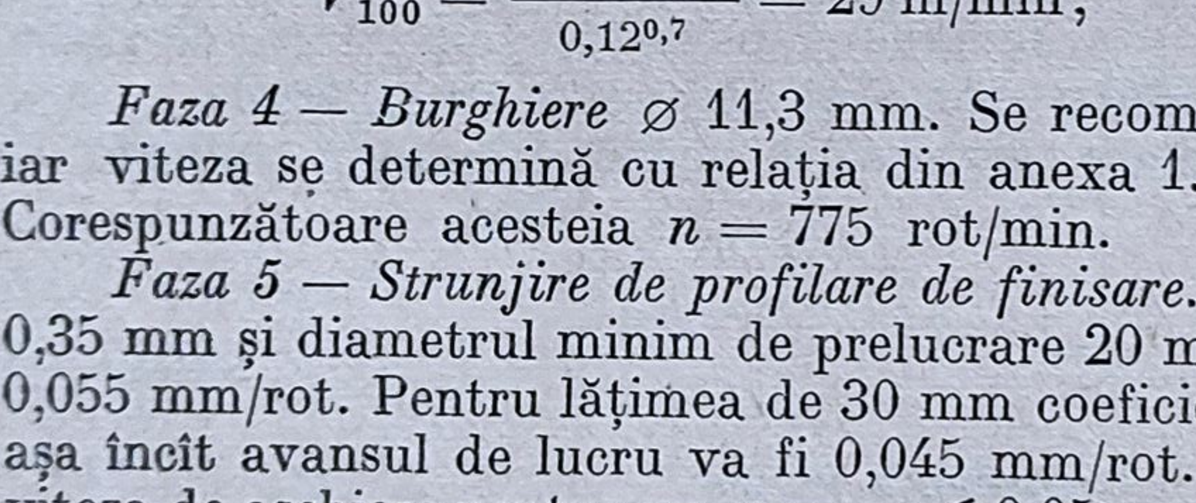


Fig. 1.59

$$l_{t1} = (1 \ldots 2) + \frac{D_e}{2} \operatorname{ctg} x = 9{,}25 \text{ mm}.$$

Faza 2 — Strunjirea profilată (fig. 1.59) se execută cu un cuțit fixat în suportul transversal, de la diametrul de 25,5 mm, circumscris hexagonului cu deschiderea de 22 mm, la diametrul minim de 21,5 mm. Lungimea cursei transversale se determină cu relația:

$$l_{t2} = (1 \dots 2) + \frac{25,5 - 21,5}{2} = 3 \text{ mm.}$$

Faza 3 — Burghiere cu burghiu fixat în suportul longitudinal central (fig. 1.60). Se determină lungimea cursei:

$$l_{t3} = (1 \dots 2) + 17 - \frac{14,5 - 12,5}{2} \operatorname{ctg} \cdot 45° = 18 \text{ mm.}$$

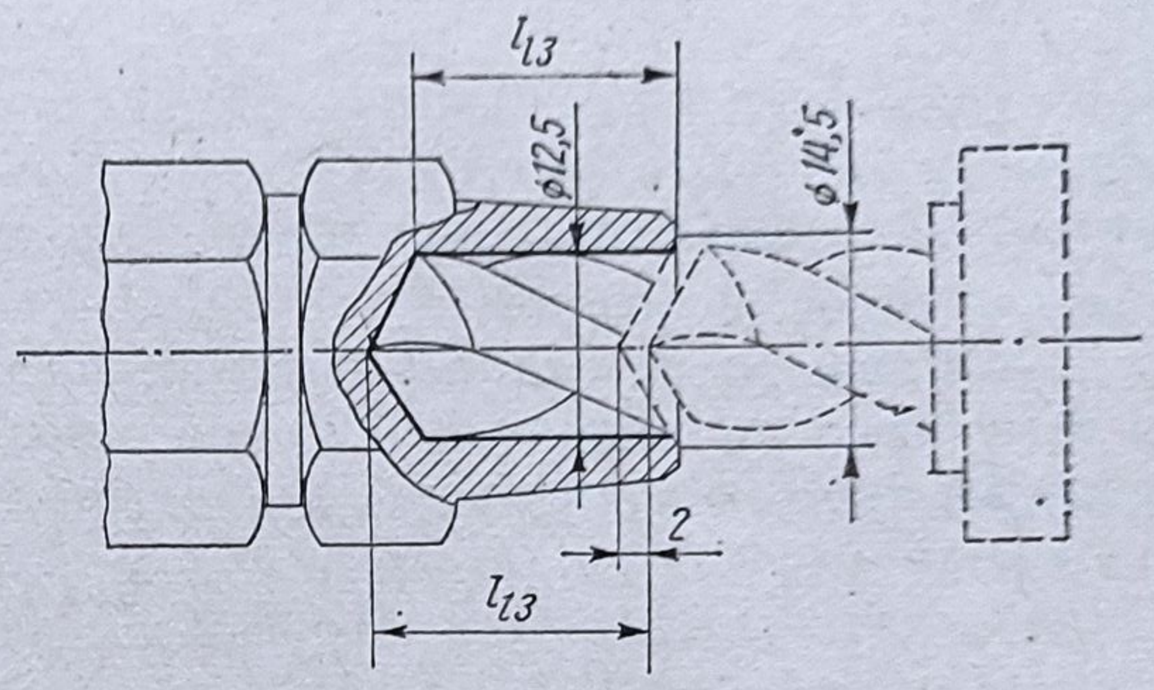


Fig. 1.60

Faza 4 — Burghierea cu burghiu cu diametrul de 11,3 mm fixat în dispozitivul de burghiere rapidă (fig. 1.61). Lungimea cursei:

$$l_{t4} = 0 + (28 - 17) + (1 \dots 2) = 13 \text{ mm.}$$

Lungimea cursei a fost astfel calculată încît burghiul să depășească lungimea piesei și lățimea cuțitului de retezare.

Faza 5 — Profilarea de finisare cu suportul transversal (fig. 1.61). Lungimea cursei transversale va fi:

$$l_{t5} = (0,5 \dots 1) + \frac{D_2 - D_5}{2} = 0,64 \text{ mm.}$$

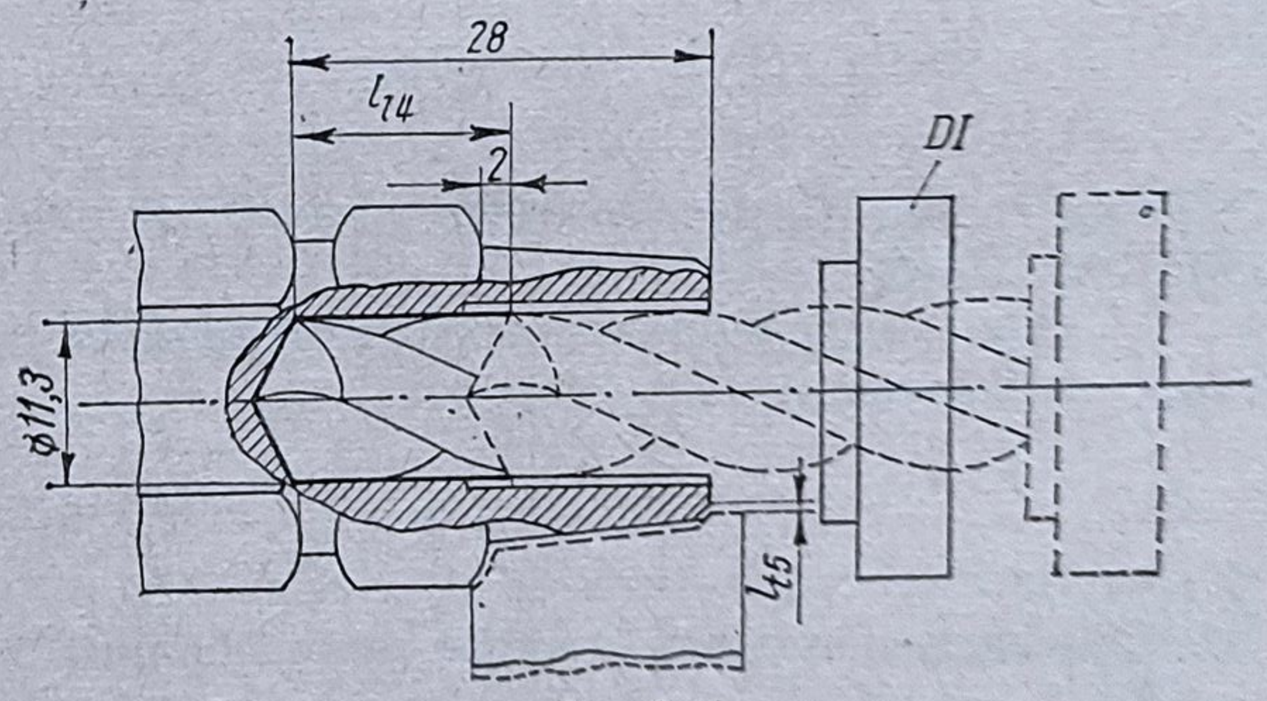


Fig. 1.61

Faza 6 — Filetarea se execută cu un cap de filetat cu deschidere rapidă, fixat în dispozitivul de filetare independent (fig. 1.62).

Lungimea cursei de filetare, ținînd cont că bacurile pentru filetare nu necesită con de atac, se determină cu relația:

$$l_{t6} = (1 \dots 2)\, p + l_{f11} = 17 \text{ mm.}$$

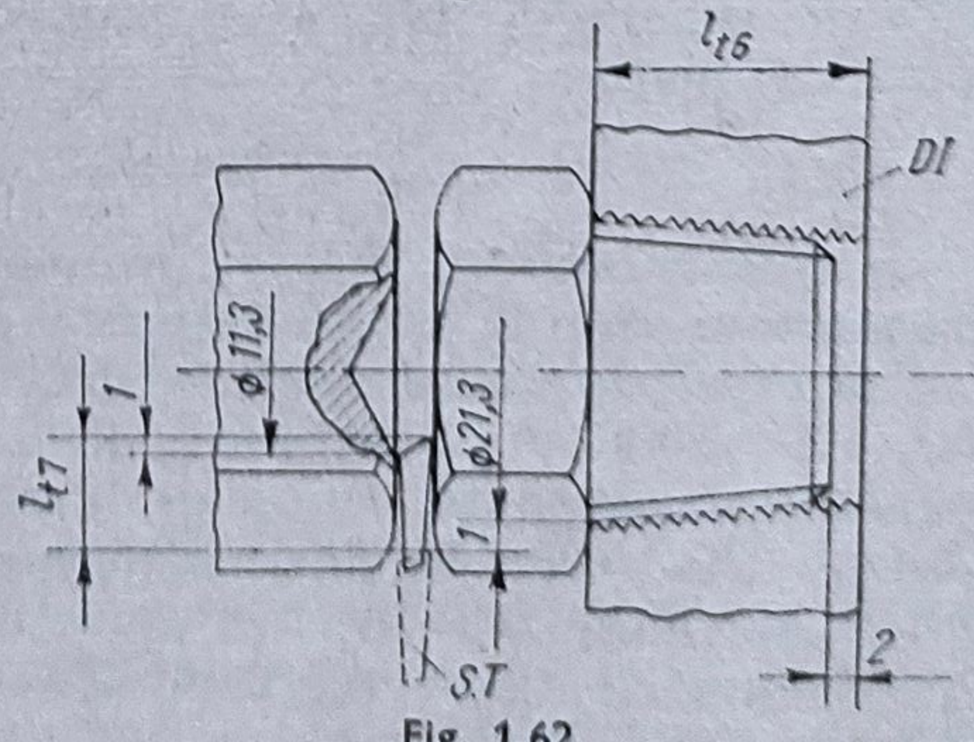


Fig. 1.62

Faza 7 — Retezarea. Lungimea cursei de retezare, (fig. 1.62), va fi:

$$l_{t7} = (0{,}5 \ldots 1) + \frac{21{,}5 - 11{,}3}{2} = 7 \text{ mm.}$$

6) *Calculul înălțimii pe camă și alegerea camelor.* Cunoscînd lungimea de lucru a fiecărei faze și raportul pîrghiilor de acționare date în cartea mașinii, înălțimea pe camă se calculează cu relația:

$$h'_{c_j} = \frac{l_{cj}}{i},$$

în care l_{c_j} este lungimea maximă a cursei sculelor fixate în suport, iar i — raportul pîrghiilor.

— *Cama saniei centrale longitudinale.* Această camă comandă avansul pentru faza 1 pe lungime de 9,25 mm precum și avansul pentru faza 3 de lungime 18 mm. În aceste condiții:

$$h_{c_3} = \frac{18}{1} = 18 \text{ mm.}$$

Burghiul de centruire se poziționează cu distanța 18 — 9,25 = 8,75 mm în spatele burghiului ⌀ 12,5 mm de la faza 3.

Din cartea mașinii se alege cama cu înălțimea de 18 mm pentru care unghiul de rotire β al arborelui de distribuție este $\beta_3 = 110°$

— *Cama suportului transversal pentru postul 1.* Această camă comandă avansul pentru faza 2:

$$h_{c2} = \frac{3}{1} = 3 \text{ mm.}$$

Din cartea mașinii se alege cama cu înălțimea de 3 mm pentru care unghiul $\beta_2 = 102°$.

— *Cama suportului cu avans independent pentru burghiere.* Înălțimea pe camă se determină cu relația:

$$h_{c4} = \frac{13}{1{,}54} = 8{,}5 \text{ mm.}$$

Din cartea mașinii se alege cama cu înălțimea de 10 mm căreia îi corespunde $\beta_4 = 109°$.

— *Cama suportului transversal pentru postul 3.* Înălțimea pe camă se determină cu relația:

$$h_{c5} = 0{,}64/1 = 0{,}64 \text{ mm.}$$

Cama de la postul 1 care asigură înălțimea pe camă de 3 mm se utilizează și pentru postul 3 putînd deci asigura înălțimea pe camă de 0,64 mm.

— *Cama dispozitivului de filetare cu avans independent.* Strungul automat ales este echipat cu un dispozitiv de filetare comandat de o camă specială care imprimă la începutul cursei de lucru o pătrundere forțată a sculei în semifabricat. Din posibilitățile de reglare ale pîrghiei, avînd în vedere pasul filetului, se alege raportul pîrghiei de acționare de 1:1. După așchierea primelor spire scula se autoconduce, urmînd ca pe lungimea de lucru rămasă, rola să se deplaseze liber.

Unghiul la centru β'_{6f}, corespunzător apropierii rapide este o constantă a camei și nu prezintă importanță la construirea ciclogramei de lucru. Unghiul la centru β''_{6f} necesar filetării, se calculează cu relația:

$$\beta''_{6f} = \frac{360^\circ \cdot l_{6f} \cdot \pi \cdot D}{1\,000 \cdot V_{fil} \cdot p} = \frac{360 \cdot 17 \cdot 21{,}2 \cdot \pi}{1\,000 \cdot 12 \cdot 1{,}81} = 19^\circ.$$

Folosind un cap cu deschidere rapidă nu este necesară schimbarea sensului de rotație a arborelui port-sculă pentru retragere, astfel că: $\beta'_{6f} = 0^\circ$.
Unghiul la centru necesar retragerii sculei de pe semifabricat este:

$$\beta^{IV}_{6f} = 114{,}5\,\frac{17 \cdot \text{ctg } 55^\circ}{290} = 5{,}2^\circ.$$

Programarea în timp a acestor mișcări, în raport cu restul prelucrărilor, se realizează prin alegerea camei cu lungimea necesară, în așa fel ca retragerea sculei de filetat să se termine înainte de începerea fazei de retezare.

— *Cama suportului transversal pentru postul 4.* Înălțimea pe camă este:

$$h_{c7} = \frac{7}{1} = 7 \text{ mm}.$$

Din cartea mașinii se alege cama cu înălțimea de 7 mm pentru care unghiul $\beta_7 = 55{,}5^\circ$.

7) *Calculul numărului de rotații pe fază.* Valorile calculate ale numărului de rotații pentru toate fazele de lucru sînt trecute în tabelul 1.13.

Turația arborelui de distribuție se alege în funcție de numărul de rotații maxim pe fiecare post. Cea mai apropiată valoare a numărului de rotații a arborelui principal la o rotație a arborelui de distribuție este de 633 rot, care se realizează cu ajutorul roților de schimb:

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{26}{58}.$$

Avînd în vedere că acest număr de rotații este constant pentru fiecare post de lucru, avansul real la celelalte faze se micșorează; valorile recalculate cu relația:

$$s_j = \frac{l_{cj}}{N} \cdot \frac{360^\circ}{\beta_j}$$

sînt trecute în tabelul 1.13.

8) *Întocmirea ciclogramei de lucru.* Ciclograma de lucru este necesară pentru determinarea fazei limită și a timpului total pe piesă. Construcția ei începe cu reprezentarea pozițiilor alezajelor de bazare și fixare a camelor pe tamburii arborelui de distribuție.

Cunoscînd că din totalul unghiului la centru al tamburului de 360° la strungurile automate multiax curbelor de lucru le revine maximum 150°, pe ciclogramă se reprezintă o zonă de aproximativ 180°, diviziunea 0° fixîndu-se, de regulă, în dreptul unor alezaje de fixare a căror poziție coincide pe verticală, devenind alezaje de bazare. S-a ales poziția alezajelor notate cu 1, înnegrindu-se. Cunoscînd că sensul de rotație al tamburului este de la stînga

Tabelul 1.13

Numărul de rotații și avansurile pe faze

Nr. fazei	Post	Lungimea de prelucrare, în mm	Lungimea cursei saniei, în mm	β_j (grd)	N'_j (rot)	N'_{post} (rot)	Avans real (mm/rot)
1	I	9,25	18	110	202	202	0,0932
2		3	3	102	115		0,0167
3	II	18	18	110	490	490	0,0932
4	III	13	15,4	109	420	420	0,0800
5		3	3	102	235		0,0167
6	IV	17		25	135	615	
7		7	7	55,5	480		0,0384

la dreapta, cît și faptul că la majoritatea segmenților de camă alezajul de bazare este în dreptul sfîrșitului de cursă, de la diviziunea 0° se vor reprezenta aproximativ 140° în dreapta și 40° în stînga (fig. 1.63).

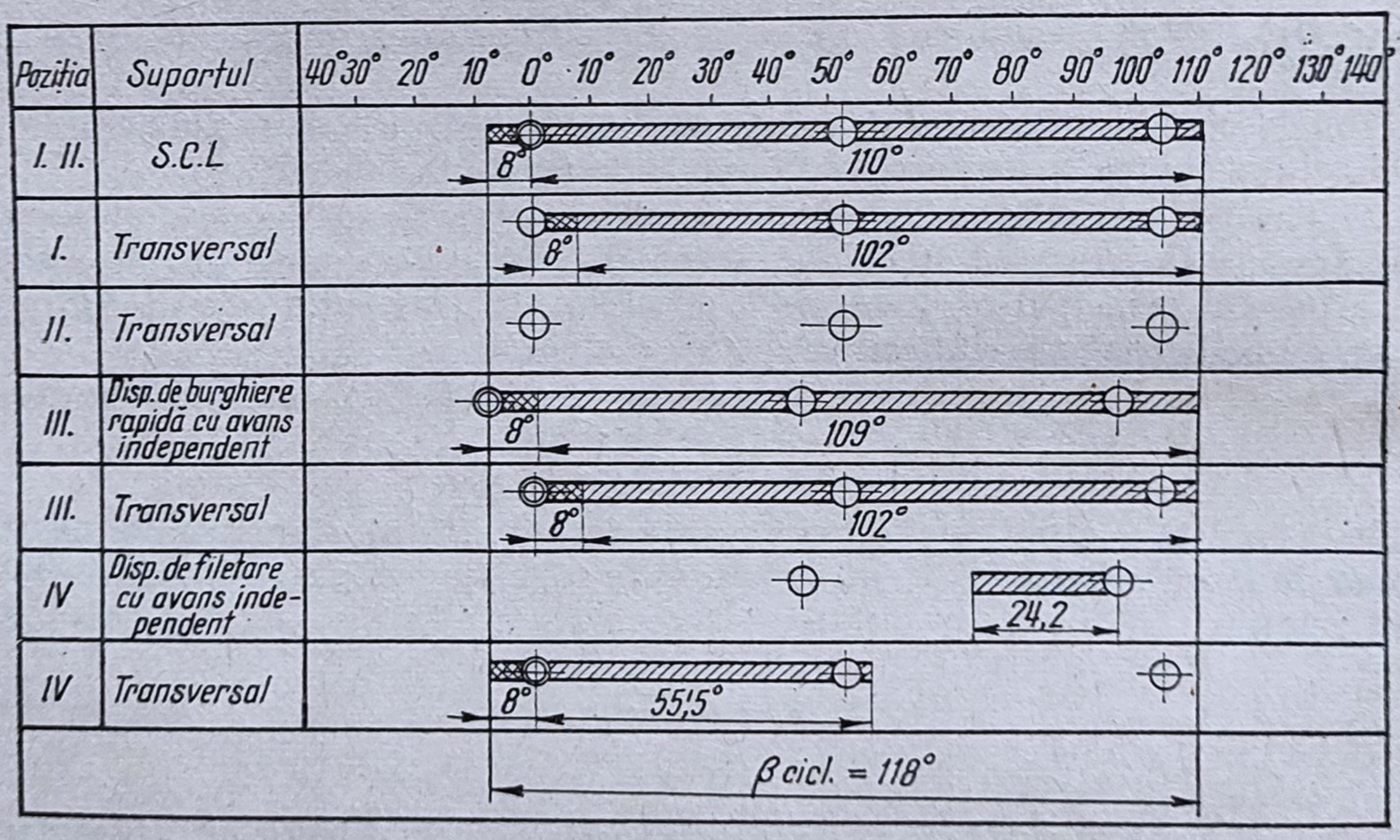


Fig. 1.63

Avînd astfel construită rețeaua de coordonate a ciclogramei, în funcție de cama aleasă se reprezintă poziția curbei de lucru față de bazarea aleasă pe tambur, în sensul de desfășurare a prelucrării. Unghiul de finisare a suprafețelor prelucrate pe strungul automat model 123-4 este de 6 ... 8°.

În cazul în care același post de lucru execută mai multe prelucrări fără a fi permisă suprapunerea acestora în timp, cunoscînd timpul total al acestor faze și poziția curbelor de lucru față de alezajele de bazare, poziționarea seg-

mentelor de camă se determină în așa fel încît curbele lor de lucru să se încadreze cu aproximație între limitele de început și sfîrșit ale prelucrărilor din celelalte posturi de lucru. În acest fel se poate asigura un timp pe piesă cît mai mic. În cazul exemplului camele pentru filetare și retezare au fost astfel poziționate încît retezarea să înceapă după retragerea totală a filierei. Pentru filetare s-a ales cama cu $l = 1$ mm.

În ciclogramă, corespunzător acestei faze, s-a reprezentat timpul, în grade, necesar înaintării și retragerii filierei:

$$\beta''_{of} + \beta^{IV}_{6f} = 19° + 5{,}2° = 24{,}2°.$$

După reprezentarea curbelor de lucru a segmentelor de camă, distanța în grade între pozițiile limită extreme determină unghiul de lucru al ciclului ($\beta_{ciclu} = 118°$)..

9) *Determinarea fazei limită.* Faza limită se determină în scopul alegerii raționale a turației arborilor principali, în funcție de durata ciclului de lucru și durabilitatea sculelor așchietoare. Această determinare se impune deoarece cursele de lucru pentru care s-a adoptat durabilitatea de 100 min nu coincid cu cursele de așchiere efective.

Faza limită se stabilește pe baza coeficientului λ, determinat cu relația:

$$\lambda = \frac{l_{pi}}{l_{ci}} \cdot \frac{\beta_i + \beta_{fin}}{\beta_{ciclu}}.$$

Pentru faza de centruire: $\lambda_1 = \frac{9{,}25}{18} \cdot \frac{110 + 8}{118} = 0{,}514.$

Pentru faza de profilare de degroșare: $\lambda_2 = \frac{3}{3} \cdot \frac{102 + 8}{118} = 0{,}61.$

Pentru faza de burghiere ⌀ 12,5: $\lambda_3 = \frac{18}{18} \cdot \frac{110 + 8}{118} = 1{,}0.$

Pentru faza de burghiere ⌀ 11,3: $\lambda_4 = \frac{13}{15{,}4} \cdot \frac{119 + 8}{118} = 0{,}83.$

Pentru faza de profilare de finisare: $\lambda_5 = \frac{0{,}64}{3} \cdot \frac{102 + 8}{118} = 0{,}122.$

Pentru faza de retezare: $\lambda_7 = \frac{7}{7} \cdot \frac{55{,}5 + 8}{118} = 0{,}54.$

Turațiile arborilor principali se determină cu relația:

$$n''_{API} = n'_i \cdot \mu_\lambda,$$

în care μ_λ este un coeficient al turației care se alege în funcție de λ_i, iar n'_i — turația calculată în funcție de viteza de așchiere.

În aceste condiții turațiile arborilor principali vor fi:

$n'_{AP_1} = 680 \cdot 1{,}21 = 815$ rot/min
$n'_{AP_2} = 610 \cdot 1{,}15 = 700$ rot/min
$n'_{AP_3} = 890 \cdot 1{,}0 = 890$ rot/min
$n'_{AP_4} = 775 \cdot 1{,}055 = 816$ rot/min
$n'_{AP_5} = 965 \cdot 1{,}85 = 1\,780$ rot/min
$n'_{AP_7} = 1\,260 \cdot 1{,}19 = 1\,500$ rot/min.

Valoarea minimă a turației arborilor principali corespunde fazei de profilare de degroșare. Corespunzător coeficientului $\lambda_{max} = 1{,}00$ se calculează valoarea coeficientului θ, legat de durabilitatea sculei așchietoare, cu relația:

$$\theta = \frac{\lambda_{max} \cdot n_{APmed}}{n_{APmin}} = \frac{1{,}00 \cdot 1\,085}{700} = 1{,}55.$$

Corespunzător acestei valori se stabilește coeficientul $\mu_\theta = 0{,}89$, cu ajutorul căruia se determină numărul de rotații ale arborelui principal pentru faza limită:

$$n_{AP_2} = 700 \cdot 0{,}89 = 624 \text{ rot/min}.$$

Din cartea mașinii se alege numărul de rotații a arborilor principali și roțile dințate necesare ($n_{AP} = 628$ rot/min și roțile de schimb $a_1 = 68$ și $b_1 = 36$).

Pe baza acestei turații parametrii efectivi ai regimului de așchiere și puterea necesară pentru prelucrarea piesei sînt trecute în tabelul 1.14.

Tabelul 1.14

Parametrii reali ai regimului de așchiere

Nr. fazei	Denumirea fazei	Viteza (m/min)	Avansul (mm/rot)	Forța (daN)	Puterea (kW)
1	Centruire ⌀ 14,5	28,6	0,0932	178	1,04
2	Strunjire profilare, degajare	42,4	0,0167	121	1,05
3	Burghiere ⌀ 12,5	24,7	0,0932	162	0,82
4	Burghiere ⌀ 11,3	22,2	0,08	146	0,66
5	Strunjire profilare finisare	41,8	0,0167	61	0,52
7	Retezare	31,6	0,0384	32,5	0,21
	Total				4,30

Pentru faza de filetare, considerînd $v = 12$ m/min, rezultă o turație de 180 rot/min. Considerînd pentru dispozitivul de filetare raportul $i = 0{,}674$ și roțile de schimb aferente 24 : 54, la turația arborilor principali de 628 rot/min, corespunde o turație pentru filetare $n_{fil} = 204$ rot/min. Aceasta mărește viteza de așchiere fără a influența sensibil durabilitatea filierei.

10) *Calculul timpului unitar pe piesă.* Timpul unitar pe piesă se determină ca sumă a timpului de lucru și a timpului de mers în gol.

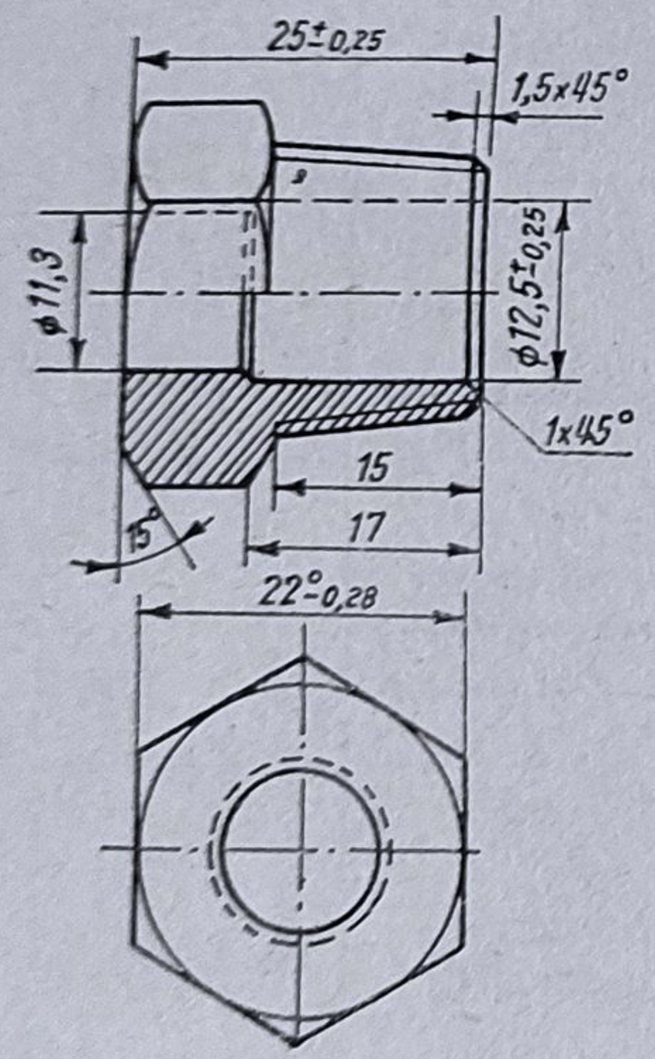
Pentru cursele active timpul se determină în funcție de numărul de rotații efectuate de arborii principali în timpul fazelor de lucru.

$$N_a = N_1 \frac{\beta_{otelu}}{360^\circ} = 633 \cdot \frac{118}{360} = 208 \text{ rot}.$$

Tabelul 1.15

Foaie de reglaj

Catedra T.C.M.	Tip automat 1A 123-4	Dispozitive cu avans independent	Material: Aut 12 (STAS 1350-61)



Arbori principali

Turaţia, $n_{AP} = 628$ rot/min

Roţi de schimb $\frac{a_1}{b_1} = \frac{68}{36}$

Arborele de distribuţie

Număr de rotaţii $N_1 = 633$

Roţi de schimb $\frac{a_2}{b_2} = \frac{26}{58}$

Dispozitiv găurire rapidă

Poziţia	Turaţia absolută	Turaţia relativă	Roţile de schimb
III	1 325	698	

Dispozitiv de filetare

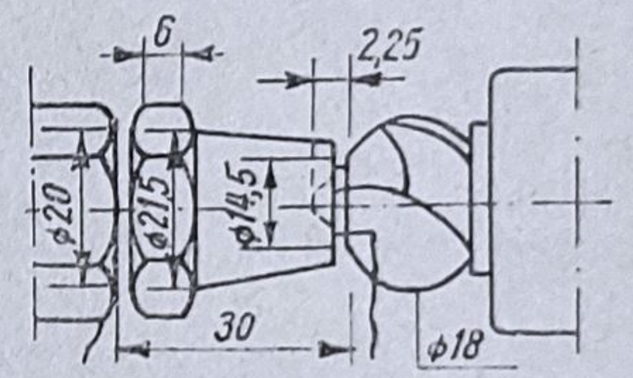
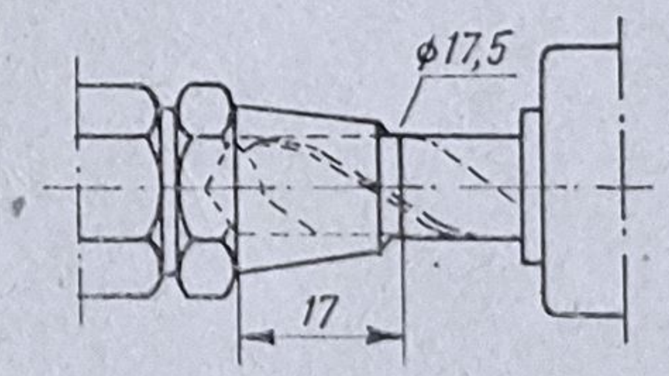
Filet exterior

Poziţia	Turaţia absolută	Turaţia relativă	Roţile de schimb
IV	424	204	$\frac{a_3}{b_3} = \frac{24}{54}$

Filet interior

Poziţia	Turaţia absolută	Turaţia relativă	Roţile de schimb

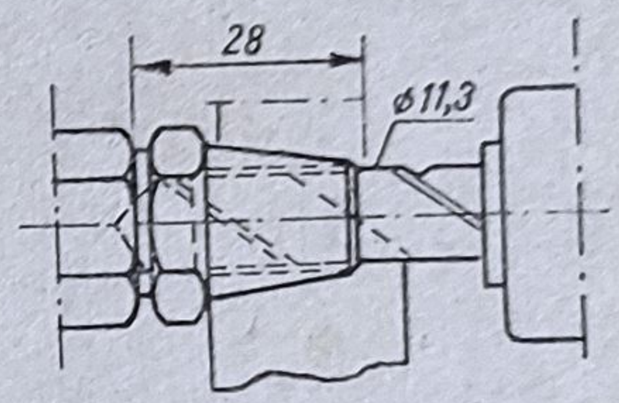
Dimensiunea brută: Hex: 22 (STAS 2305-64)

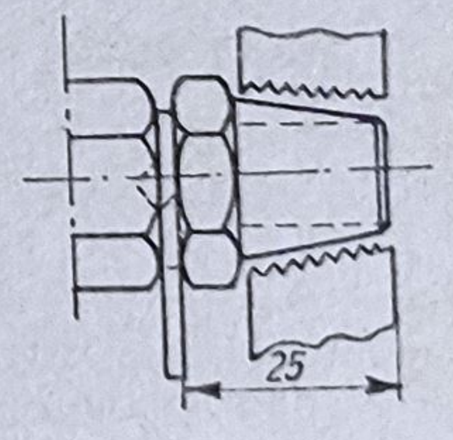
Postul	Schiţa fazelor
I	
II	

Tabelul 1.15 (continuare)

Catedra T.C.M.	Tip automat 1A 123-4	Dispozitive cu avans independent	Material: Aut 12 (STAS 1350-61)

Nr. fază	Suportul	Post	Denumirea fazelor	Lungimea de lucru: precalcul [mm]	Lungimea de lucru: real [mm]	Avans	Cama: H [mm]	Cama: 1 (grd)	Scule	Dispozitiv	Verificat	
1	SLC		Centruire	9,25	18,00	0,0932	18,00	110				III
2	ST	I	Strunjire profilată de degroșare	3,00	3,00	0,0167	3,00	102				
	DI		—	—	—	0,0932	—	110				
3	SLC		Burghiere ø 12,5	18,00	18,00	—	18,00	—				
	ST	II	—	—	—	—	—	—				
	DI		—	—	—	—	—	—				
	SLC		—	—	—	—	—	—				
5	ST	III	Strunjire profilată de finisare	0,64	8,00	0,0167	3,00	102				
4	DI		Burghiere ø 11,3	13,00	15,4	0,080	10,00	109				
	SLC		—	—	—	—	—	—				
7	ST	IV	Retezare	7,00	7,00	0,0384	7,00	55,5				IV
6	DI		Filetare Briggs 1/2	17,00	—	—	—	25				





Unghiul curselor de lucru	$\beta_{lucru} = 118°$	Timp lucru $t_a = 19,85$	Productivitate orar 155 buc.
Unghiul curselor în gol	$\beta_{gol} = 242°$	Timp gol $t_g = 3,35$	
		Timp pe piese $T_p = 23,15$	

Plan de operații pentru șurubul

PLAN DE OPEFRAȚII
pentru strunguri automate

Atelier

Secția

Denumirea automatului: Strung automat cu 4 axe

Firma

Model: AGM I | Nr. de inventar

Condițiuni de răcire: Ulei de automate

Lucrează	Nr. crt.	Succesiunea fazelor	Viteza de așchiere m/min	Ridicare Coborîre	Cursa de lucru în mm	Avansul în mm/rot	Nr. de rot. pe faze: Rotații calculate	Nr. de rot. pe faze: Rotații întrebuințate	Sutimi (Linii, grade) pe camă: Cursă negativă	Sutimi (Linii, grade) pe camă: Cursă de lucru	Sutimi (Linii, grade) pe camă: T_b min	Sutimi (Linii, grade) pe camă: Plină la	Raza camei mm: La început	Raza camei mm: La terminare	Avansul coborîre pe camă [mm]	Raportul dintre brațele pîrghiilor
	1	Strunjire degroșare ø 8,85 pe lungime de 10 mm	27,4		10	0,06	680				0,61					
		Strunjire față și teșire la 20° pînă Ø 7,3				0,09					0,2					
	2	Strunjire degroșare Ø 8,15 pe lungimea $l = 25$ mm	27,4		25	0,06	680									
		Prelucrare la ø 11 la 10°														
	3	Strunjire finisare Ø 8,4 pe $l = 25$	27,4		25	0,06	680				0,61					
	4	Retezare	27,4		25	0,03	680				0,31					

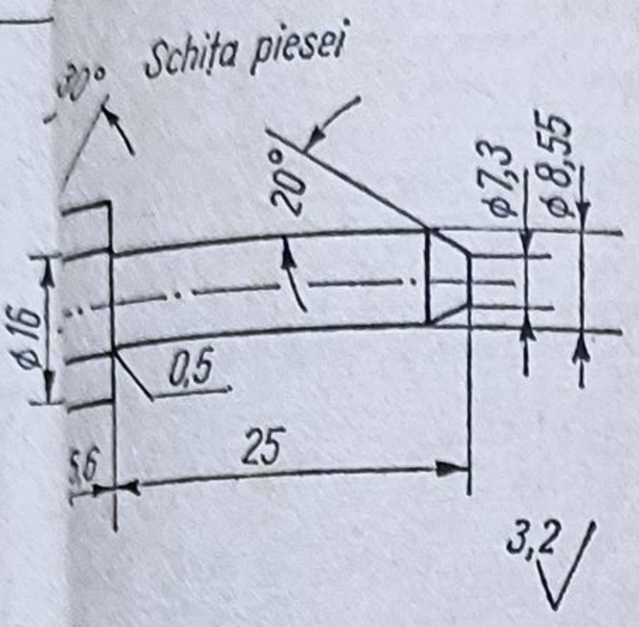
Total

Rotații calculate pentru o piesă

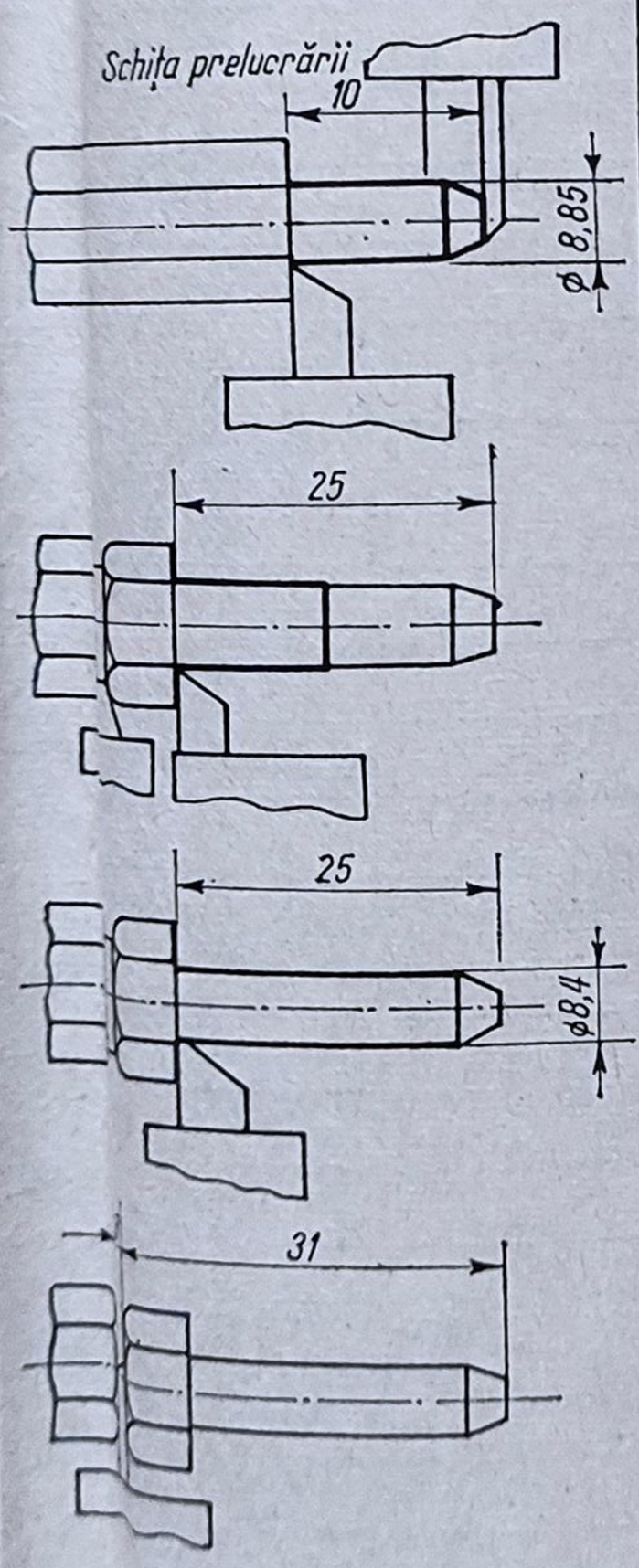
Tabelul 1.16

...i pentru șurubul d... reglaj

...bul de reglaj al tachetului	Reper		Nr.
Denumirea piesei	Fabricat tip		
Schița piesei	Material: Simbol	20 M_oC 12	Operația Nr.
	Starea	Recopt	Pagina
	Duritatea	HB = 179 – 21	Pagini
	Execuție	Tras je6	Bucăți pe fabricat
	Din brațe (profil)		Copia Nr.
	Greutatea: Brută		
	Netă		



Scule					
Poz.	Tăietoare	Poz.	Ajutătoare	Poz.	De control
T-1	Cuțit A_{II}	A_1	Suport		
				C_1	Șubler 150
T-2	Cuțit față	A_2	Suport		
T-3	Cuțit R_p	A_3	Suport		
				C_2	Potcoavă 8,85
T-4	Cuțit R_p	A_4	Suport		
T-5	Cuțit R_p	A_5	Suport		Potvcoavă 84
T-6	Cuțit	A_6	Suport		
Bucșă de conducere		Clește de stringere			



Plan de ope

	PLAN DE OPERAŢII ptr. strunguri automate cu mai multe axe	Atelier secţie
Denumirea automatului	Strung semiautomat cu 5 axe	
Firma	WMW	
Model	DAM-5 × 150	Nr de inventar.
Condiţiuni de răcire		

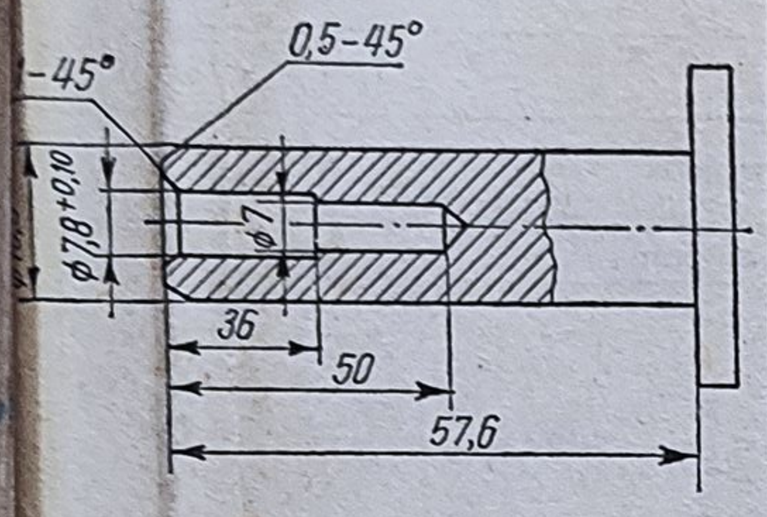
Poziţia	Suport	Succesiunea fazelor	Viteza m/min	Cursa de lucru, mm: pe piesă	Cursa de lucru, mm: pe camă	Avans, mm/rot	Nr. de rot. pe fază	Unghiul cursei în grade sau mm: Unghiul ptr., cursa utilă	Unghiul ptr., cursa utilă	Unghiul ptr., cursa în gol	T_o	Raportul între braţele pîrghiilor
	1	Strunjire Ø 16,8										
		Îndreptare faţă $L = 51,5$ şi început de centruire	35,5	57,5		0,14	600				0,7 0,25	
	2	Strunjire finisare Ø 16,32	56	51,5		0,14	1 060				0,13	
		Teşire 0,6 × 45° şi corectare centru									0,013	
	3	Găurire Ø 7,8 + 0,10 pe adîncimea de 30 mm	30	47,7		0,108	380				0,895	
	4	Găurire la 7,7 pe adîncimea de 50 mm	50	47,7		0,180	380				0,58	
		TOTAL										
		Ture calculate pentru o piesă										

pentru tachetul supapei

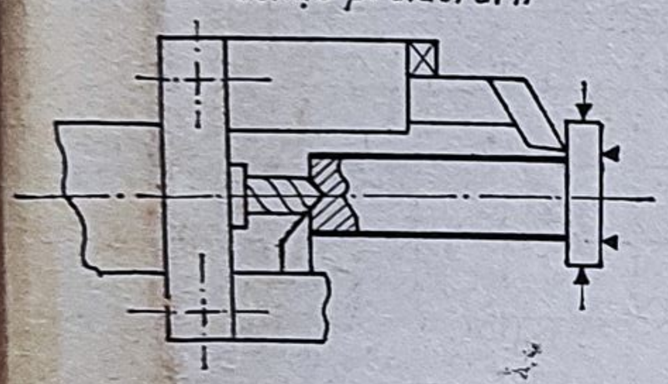
Tabelul 1.17

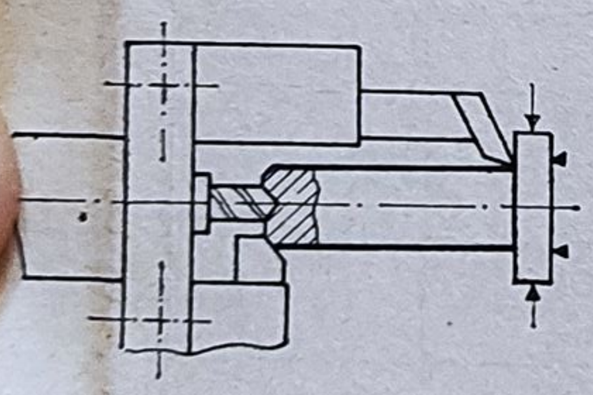
Tachetul supapei				Reper Nr.	
Denumirea piesei		Fabricat tip			
Material	Simbol	Strunjire		Operația Nr.	
	Starea	Forjat		Pagina	
	Duritatea			Pagini	
	Execuție			Bucăți pe fabricat	
	Dim. brațe				
	Greutatea Brută				
	Greutatea Netă				

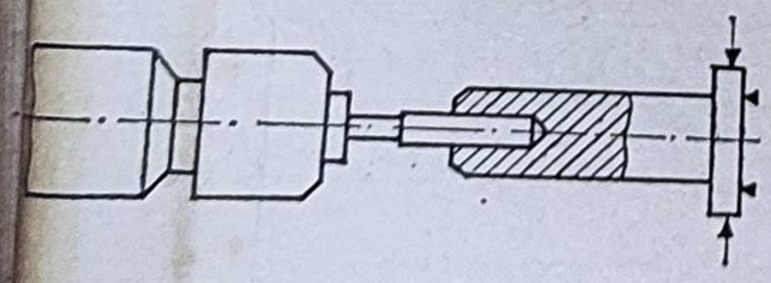
Schița piesei

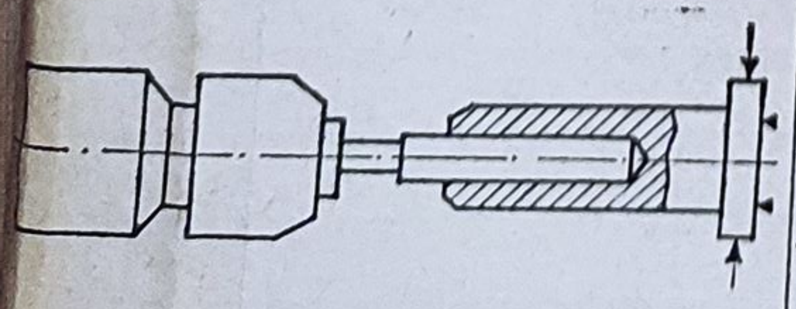


Schița prelucrării









Scule					
Poz.	Tăietoare	Poz.	Ajutătoare	Poz.	De control
T_1	Cuțit ptr. strunjire	A_1	Suport	C_1	Potcoavă Ø 16,8
T_2	Teșitor Ø 10	A_2	Port-burghiu	C_2	Șubler 150
T_3	Cuțit	A_3	Suport		
T_4	Cuțit	A_4	Suport	C_3	Potcoavă Ø 10,12
T_5	Teșitor 10 × 90°	A_5	Port-burghiu		
T_6	Cuțit ptr. teșit	A_6	Suport		
T_7	Burghiu spiral Ø 7,8	A_7	Bucșă	C_4	Tampon 7,89, 0,10 Ø 7,8
T_8	Burghiu spiral 7,7	A_8	Bucșă		

Cleşte de avansare	Cleşte de strîngere	Ind. de conducere

Posturile

Continuare

PLAN DE OPERAȚII

pentru strunguri automate cu mai multe axe

Atelier

Secția

Reglarea automatului

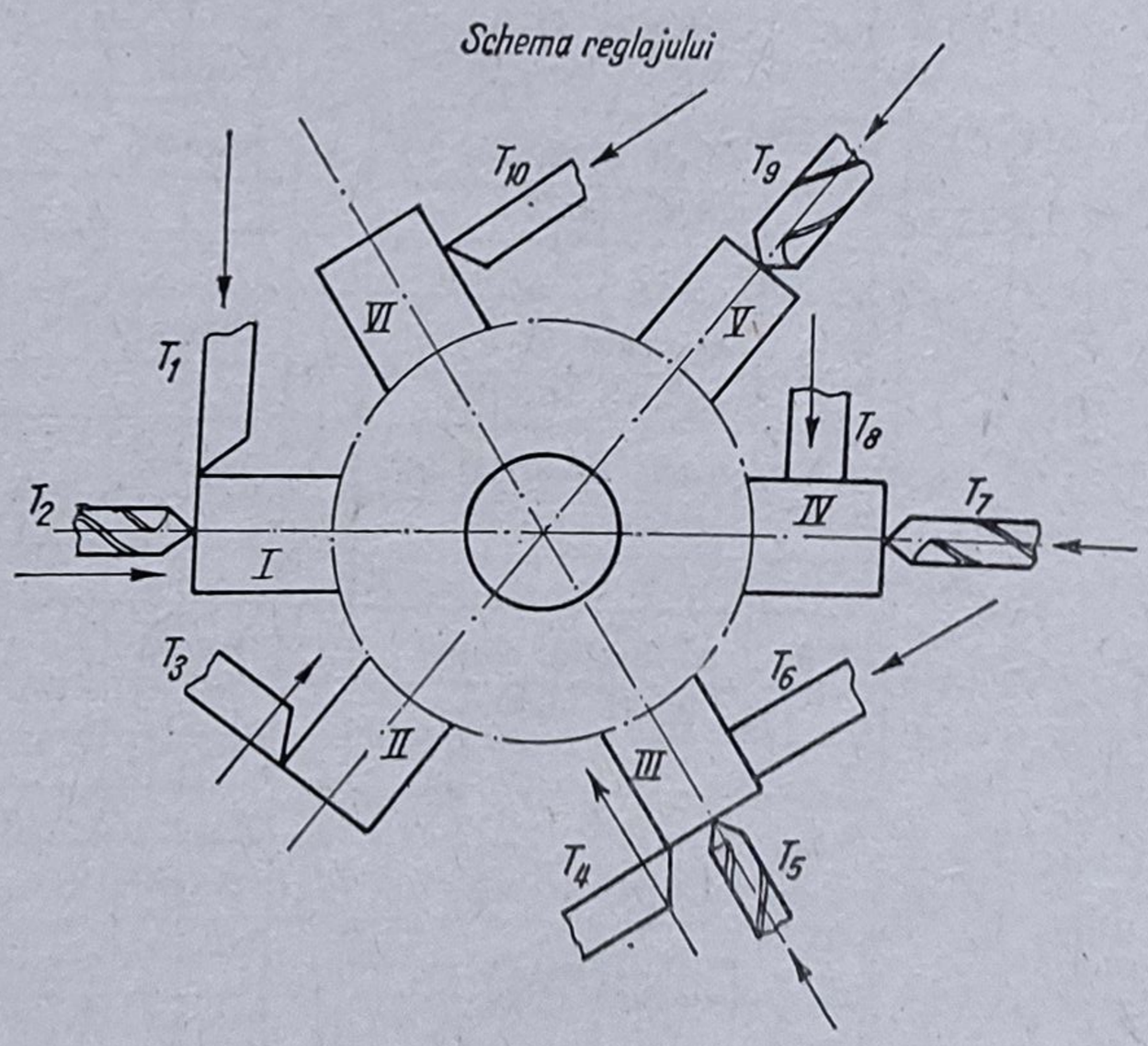
Strunjire								Tăiere filet					
Nr. de rot/min la axă	Roți de schimb		Turația mare		Turația mică			Nr. de rotații la cursa de lucru		Pinioane de schimb		Nr. de rotații la cursa de întoarcere	
	A	B	C	D				Disp. de filetat	Rotații efective			Disp. de filetat	Rotații efective
761	43	31	25	67									

Nr. de rotații la axă pentru o cursă a axului cu came	Timp de lucru principal	Timp de lucru auxiliar	Timp total pentru prelucrarea piesei	Roți de schimb pentru avans						Nr. de rot. a axului	Dispozitiv de	
				C′	D′					Cu cama pe cursa în gol	rot/min disp. de găurire cap	Rotații pe min.
462	33,2	242	35,62	49	15							

Normare

Timp principal, în min,	Timp ajutător		Timp pe buc., în min	Norma		Nr. automatelor		C
	în min	în %		pe oră	pe schimb	pentru un lucrător	pentru un reglor	lucrăto
0,952	0,03		0,582	103	824	2	4	3

Schema reglajului



Nr. fișei	Modificări	Data	Numele	Nr. fișei	Modificări	Data	N

elul 1.17

trol

Ø 10,12

9, 0,10

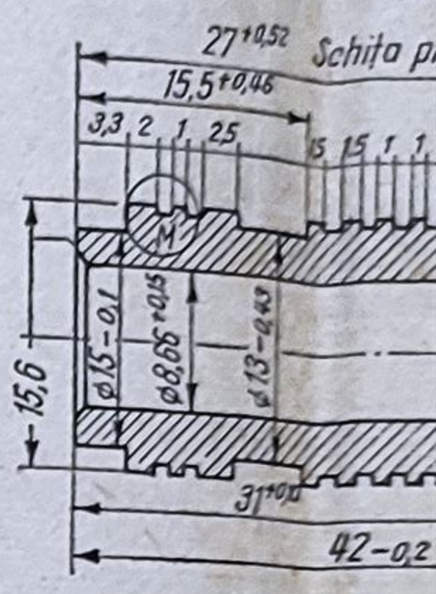
Plan de operații pentru corpul

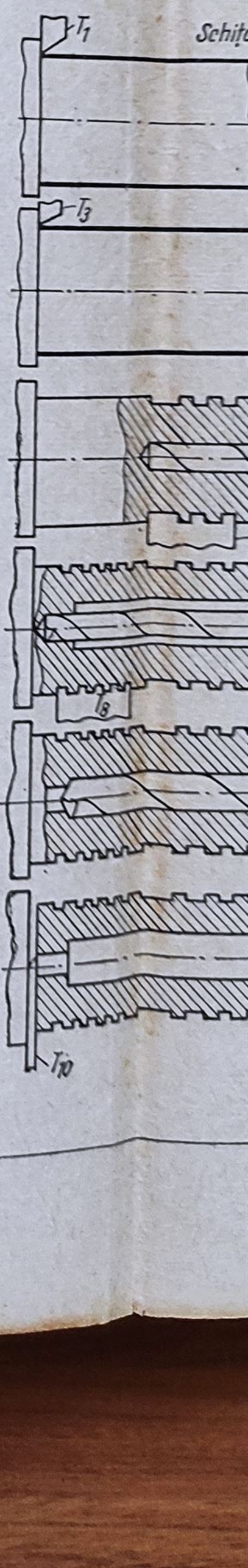
	PLAN DE OPERAȚII pentru strung automat cu mai multe axe	Atelier	Secția „AUTOMATE”
Denumirea automatului	Strung automat cu 6 axe „Moscova”		
Firma	„Ordjanichidze”		
Model	1225	Nr. de inventar	
Condiții de răcire	Ulei		

	Succesiunea fazelor	Viteza de tăiere în m/min	Cursa de lucru		Nr. de rotații		Grade pe camă		Avans mm/rot	Raportul brațelor
			pe piesă	pe camă	pe fază	ale axului	Pe camă	De la—la		
I	Strunjire longitudinală la Ø 16 pe lungime de 45 mm	25	45	48	450	462	137	215—352	0,1	1:1
	Executarea sanfrenului 1 × 45°	18	4,5	48	45	462	137	215—352	0,1	1:1
II	Strunjire longitudinală Ø $15,6_{-0.1}$ pe 45 mm	25	45	48	450	462	137	215—352	0,1	1:1
	Strunjire profilată	234	2	4,4	50	462	15,2	250—274	0,04	1:1
III	Găurire pe lungimea de $31_{-0.1}$ la Ø $8^{+0,15}$ mm	23	31	48	310	915	94,5	257,5—352	0,1	1:1
	Strunjire longitudinală Ø$13_{-0.1}$ pe lung. 3,3 mm	25	3,3	48	33	462	10	342—352	0,1	1:1
IV	Strunjire profilată	23,4	2	44	50	462	15,2	250—274	0,01	1:1
	Găurire la Ø 3 mm pe adîncimea de 1,5 mm	15	15	48	425	1 640	99	293—352	0,1	1:1
V	Adîncirea găurii și executarea canalului la 90°	17	31,5	48	315	462	96	256—352	0,1	1:1
VI	Retezare	23	8	12	225	462	68,5	263—331,5	0,04	1:1

Corpul su

Denumirea



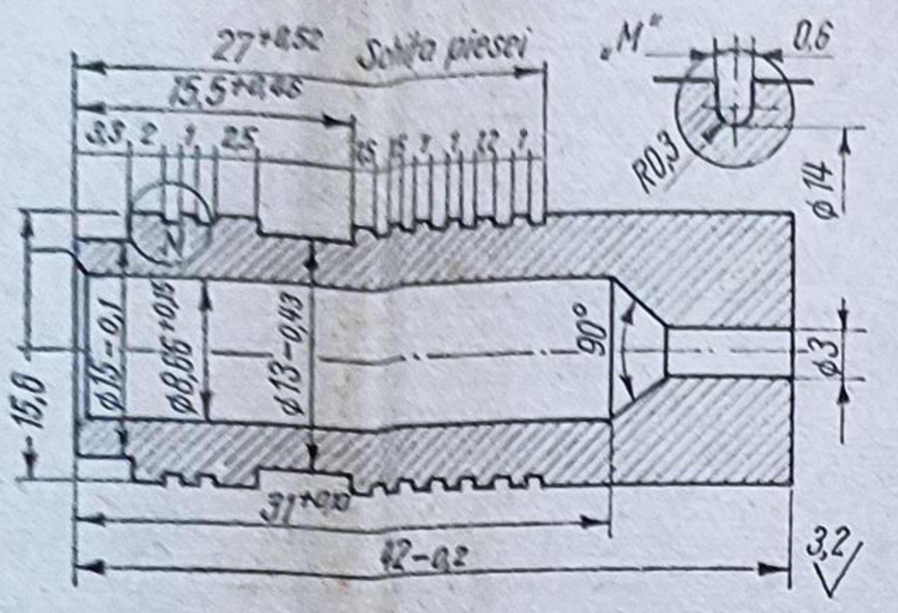


Tabelul 1.18

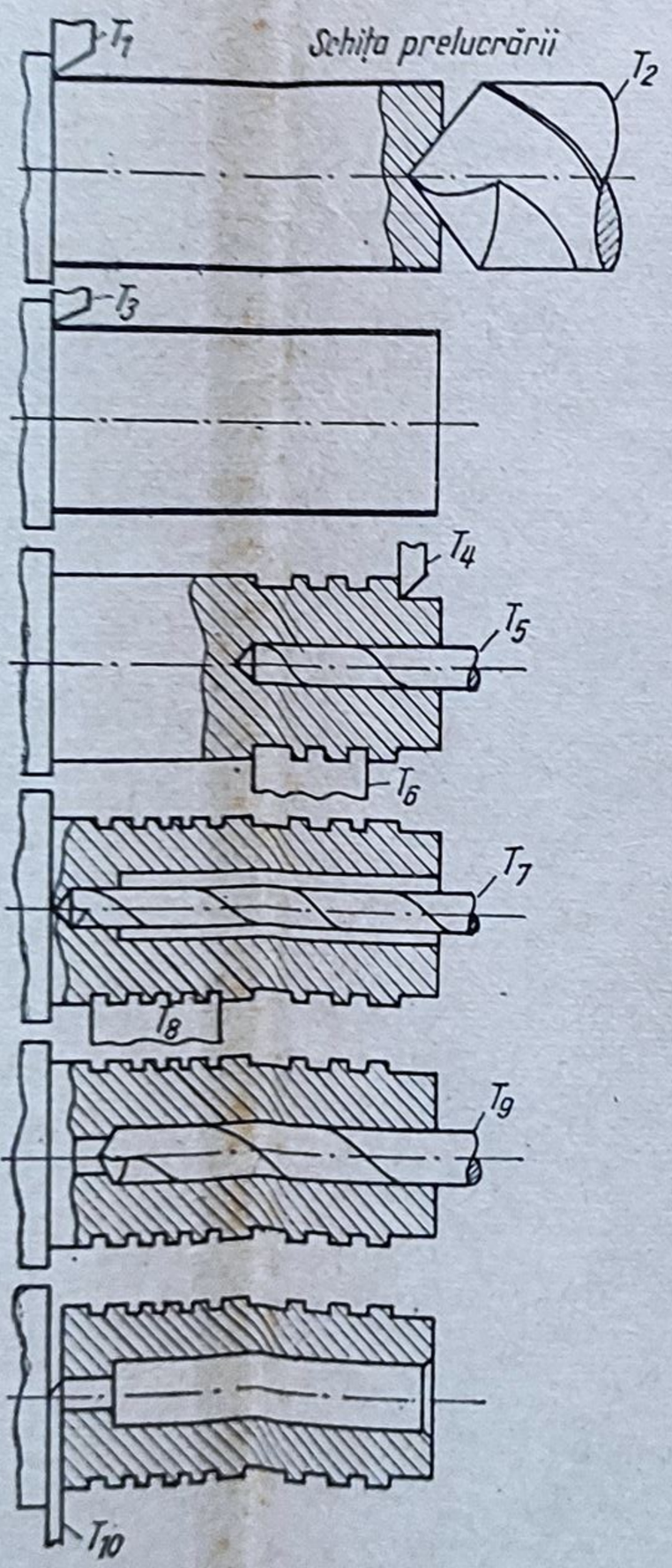
e operații pentru corpul supapei

Corpul supapei

Denumirea piesei



Material			Fabricat Tip	Reper NR.	H_3-224
	Simbol		OLC 16 TR	Operația NR1	
	Starea		Recopt	Pagina	
	Duritatea		H_3 143	Pagini	
	Execuția		Tras	Bucăți	
	Dim. brute (profil)		Ø 17×50 Je 6	Cap Nr.	
	Greutatea	Brută	0,089		
		Netă	0,034		



Scule					
Poz.	Tăietoare	Poz.	Ajutătoare	Poz.	De control
T-1	Cuțit 0,310—303		Suport		Calibru
T-2	Burghiu Ø 12 STAS 613-49		Bucșă		
T-3	Cuțit 0,310—304		Suport		Calibru potcoavă Ø $16,6_{-0.1}$
T-4	Cuțit 0,310—304		Suport		Șubler
T-5	Burghiu Ø 8,8 STAS 573-49		Bucșă		
T-6	Cuțit profilat 9826—5023		Suport		Calibru tampon Ø $8^{+0,15}$
T-7	Burghiu Ø 3 STAS 573-49		Bucșă		Calibru
T-8	Cuțit profilat 0,326—6016		Suport		Calibru Potcoavă
T-9	Adîncitor conic 9 341—600		Bucșă		Calibru Tampon
T-10	Cuțit retezat 0,310—126		Suport		Șablon reglare Potcoavă

Tabelul 1.19

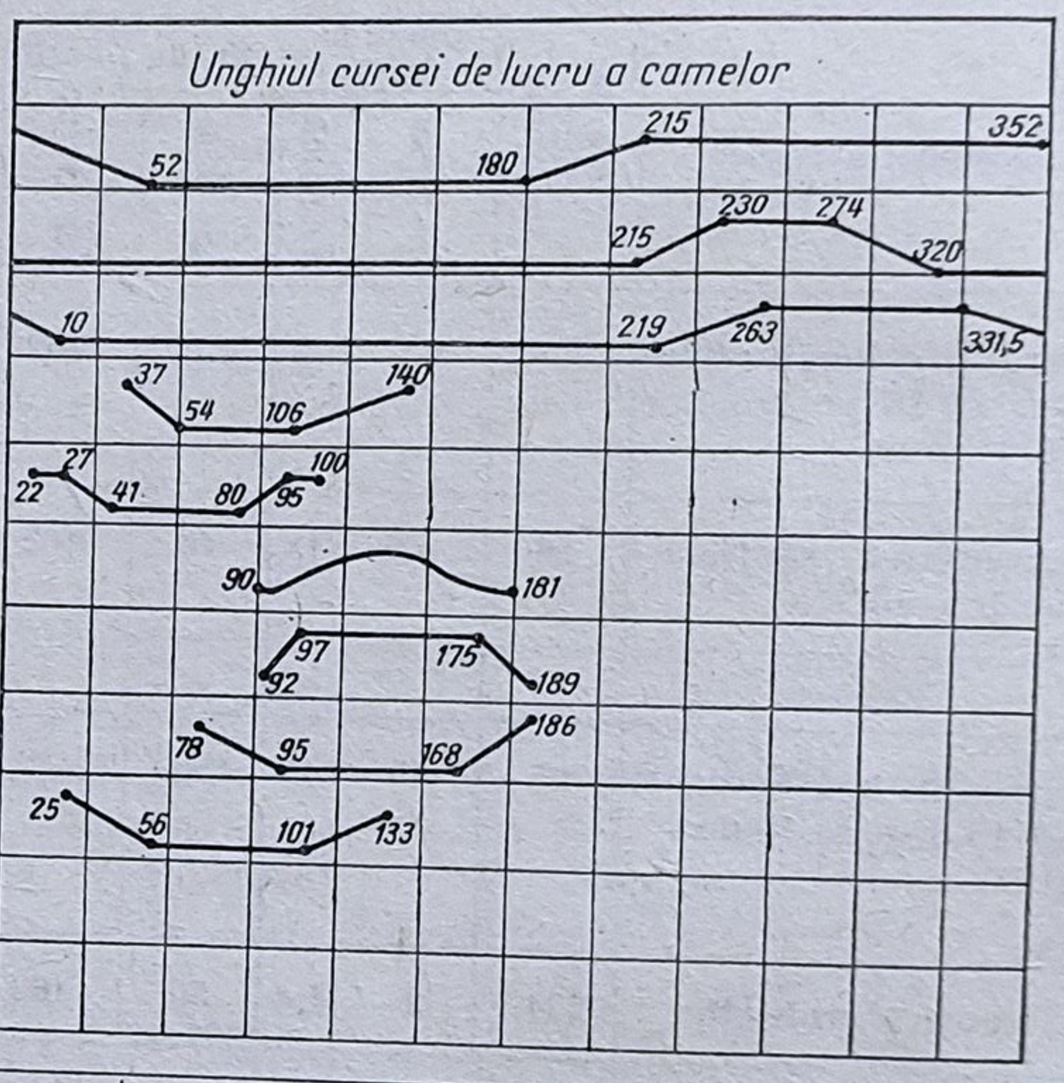
de lucru pentru corpul supapei

	Corpul supapei		Reper H3 — 224
	Denumirea piesei	Fabricat tip	Nr.

Schema de lucru a camelor

Operația Nr.	
Pagina:	
Pagini	
Copia Nr.	

Nr. crt.	Denumirea camelor	Poz.
1	Cama suportului longitudinal	
2	Cama suport transv. spate jos	
3	Cama suport transv. față sus	
4	Cama mecanism de alimentare	
5	Cama mecanism de strîngere	
6	Cama mecanism de rotire a tobei	
7	Cama mecanism de ridicare a tobei	
8	Cama mecanism de fixare a tobei	
9	Cama mecanism de oprire a motor.	
10		



Nr. crt.	Denumirea camei	Nr. desenului	Poz.	Urcarea camei	Raportul dintre brațele pîrghiilor	Nr. de fabric. al camei	Modificări came		
							Nr.	Data	Semnătura
1	Cama suportului longitudinal			48	1:1				
2	Cama suportului transv. spate jos			44	1:1				
3	Cama suportului transv. față sus			12	1:1				
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Serviciul tehnologic		Data	Numele	Semnătura			Data	Numele	Semnătura
	Conceput								
	Desenat								
	Verificat					Șef secție			
						Aprobat			

Posturile de lucru p

	PLAN DE OPERAȚII pt. strung automate cu mai multe axe	Atelier Secția Automate

Reglarea automatului

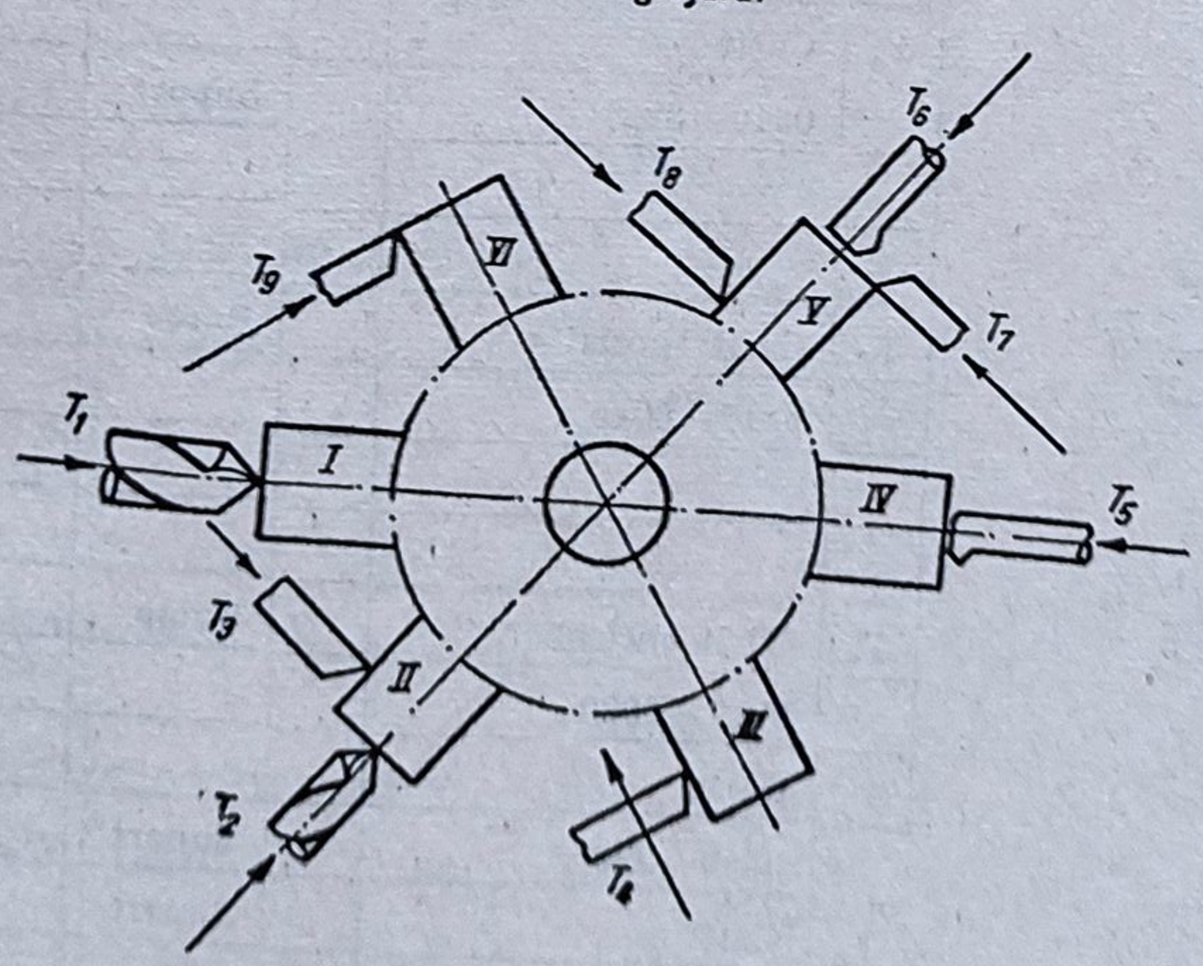
Strunjire							Tăiere filet							
Rot/min ale axului	Roți de schimb		Turație mare		Turație mică		Nr. de rotații la cursa de lucru		Pinioane de schimb		Nr. de rotații la cursa de întoarcere		Pinioane de schimb	
	A	B	A′	B′			Disp. de filetat	Rot. efective			Disp. de filetat	Timp efectiv		
698	69	74	45	51										

Nr. de rotații a axului pe o rotație a axului cu came	Timp de lucru principal	Timp de lucru auxiliar	Timp total pentru prelucrarea piesei	Roți de schimb pentru avans						Nr de rotații ale axului cu came pentru cursa în gol	Dispozitiv de găurire rapidă		
				C	D							Rotații pe minut efective	Pinioane de schimb
606	52	2,42	54,2	65	51								

Normare

Timp principal în minute	Timp ajutător		Timp pe buc. în min.	Norma		Nr. automatelor		Categoria	
	în min.	în %		pe oră	pe schimb	pentru un lucrător	pentru un reglor	lucrător	reglor
0,87	0,03		0,9	67	536	2	4	3	7

Schema reglajului



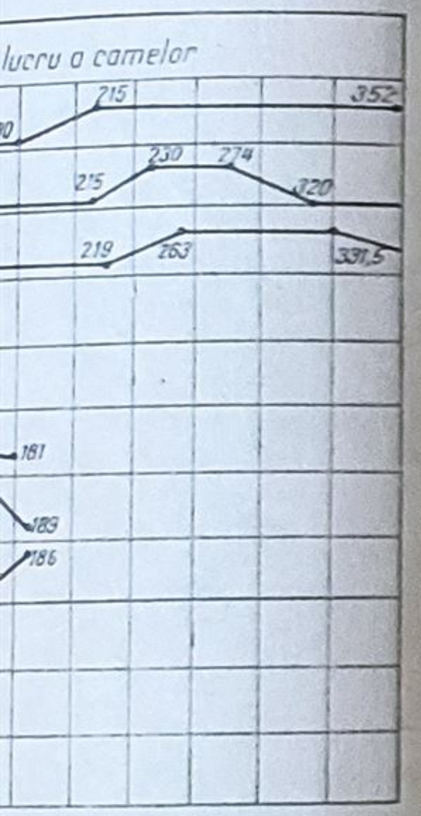
Nr. fișei	Modificări	Data	Numele	Nr. fișei	Modificări	Data	Numele

Tabelul 1.19

Reper Nr. H3 — 224

Operația Nr.	
Pagina:	
Pagini	
Copia Nr.	

lucru a camelor



Nr. de fabric. al camei	Modificări came		
	Nr.	Data	Semnătura

	Data	Numele	Semnătura
tie			
at			

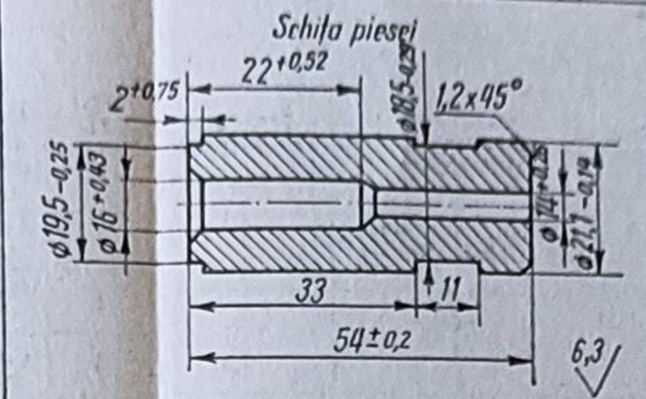
Plan de operații pentru bucșa supapei

Tabelul 1.20

PLAN DE OPERAȚII pt. strung automate cu mai multe axe	Atelier: Secția „Automate"	BUCȘA SUPAPEI — Denumirea piesei	Fabricat tip	Reper Nr. H$_3$-221

Denumirea automatului	Strung automat cu 6 axe „Moscova"
Firma:	„Ordjanichidze"
Model:	1225 — Nr. de inventar:
Condiții de răcire:	ulei

Schița piesei

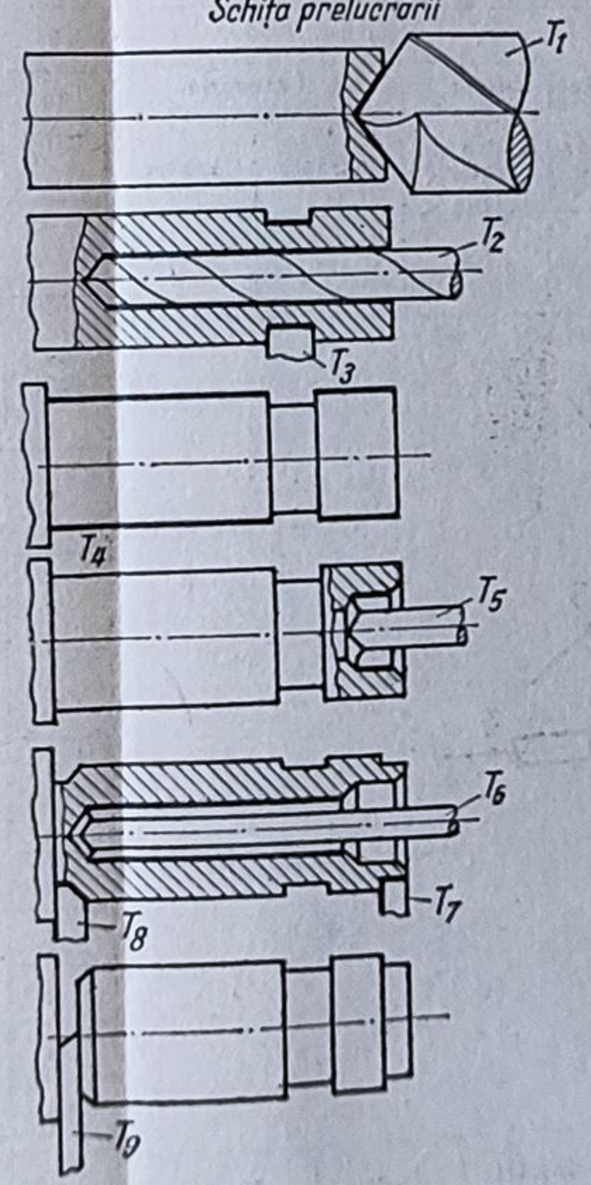


Material		
	Simbol	OLC16TR
	Starea	Recopt
	Duritatea	143 HB
	Execuția	Tras
	Dim. brute (profil)	Ø 23 × 63 je 6
	Greutate: Brută	
	Greutate: Netă	

Operația Nr.	
Pagina	
Pagini	
Bucăți pe fabricat	
Cap. Nr.	

Nr.	Succesiunea fazelor	Viteza de așchiere, în m/min	Cursa de lucru: pe piesă	Cursa de lucru: pe camă	Nr. de rot: pe fază	Nr. de rot: ale axului	Grade de lucru: pe camă	Grade de lucru: de la—la	Avansul, mm/rot	Raportul de transmitere al pîrghiilor
1	Centruire	43	6,5	60	85	698	137	215—352	0,1	1:1
2	Găurire	35	58	60	606	860	137	215—352	0,1	1:1
	Strunjirea degajării	39	5,2	10	100	398	226	223—255	0,1	1:1
3	Strunjirea exterioară	39	58	60	606	698	137	215—352	0,1	1:1
4	Strunjit interior pe lungimea de 22 mm	50,5	22	60	220	698	49,5	302,5—352	0,1	1:1
	Strunjit interior pe lungimea de 33 mm	33	33	60	330	698	73,5	278—352	0,1	1:1
5	Strunjirea degajării de cap pe lungimea 2 mm	44	2	60	20	698	23	332—360	0,1	1:1
	Strunjirea pentru teșire 1,2 × 45°	44	2	10	100	698	23	223—255	0,1	1:1
6	Retezare	50,5	4,5	10	100	698	23	223—255	0,1	1:1

Schița prelucrării



Scula

Poz.	Tăietoare	Poz.	Ajutătoare	Poz.	De control
T$_1$	Burghiu de centrare Ø 8,1 STAS 513-49		Bucșe		
T$_2$	Burghiu Ø 13,1 STAS 573-49		Bucșe		
T$_3$	Cuțit 0310—310		Suport		Calibru potcoavă
T$_4$	Cuțit 0310—323		Suport		Șubler
T$_5$	Cuțit special 9317—6049		Bucșe		Calibru tampon
T$_6$	Cuțit special 9317—6050		Bucșe		Calibru tampon
T$_7$	Cuțit 0310—329		Suport		Șubler
T$_8$	Cuțit 8310—229		Suport		
T$_9$	Cuțit de retezat		Suport		

Tabelul 1.19

Posturile de lucru p

	PLAN DE OPERAȚII pt. strung automate cu mai multe axe	Atelier Secția Automate

Reglarea automatului

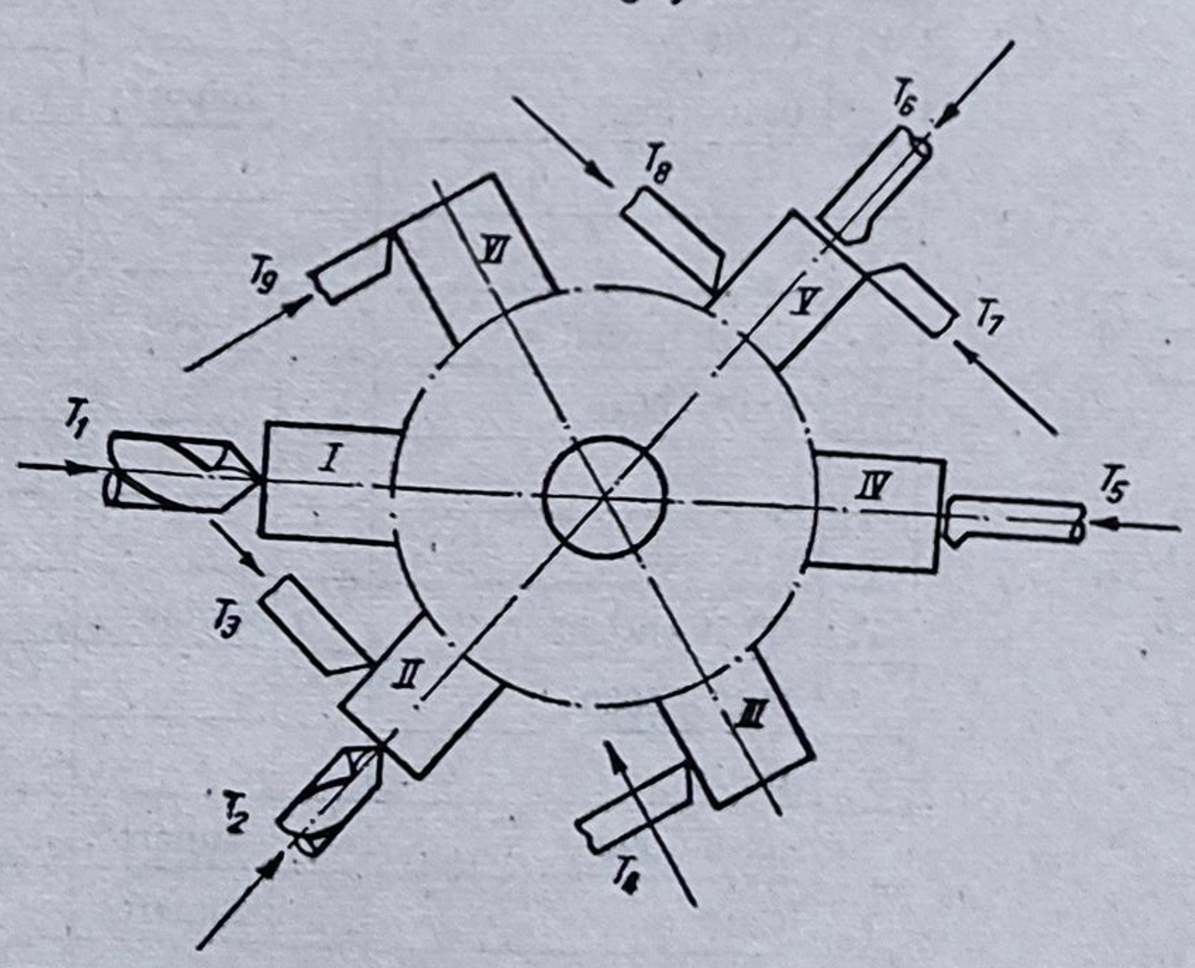
Rot/min ale axului	Strunjire: Roți de schimb A	B	Turație mare A′	B′	Turație mică		Tăiere filet: Nr. de rotații la cursa de lucru: Disp. de filetat	Rot. efective	Pinioane de schimb		Nr. de rotații la cursa de întoarcere: Disp. de filetat	Timp efectiv	Pinioane de schimb	
698	69	74	45	51										

Nr. de rotații a axului pe o rotație a axului cu came	Timp de lucru principal	Timp de lucru auxiliar	Timp total pentru prelucrarea piesei	Roți de schimb pentru avans: C	D					Nr de rotații ale axului cu came pentru cursa în gol	Dispozitiv de găurire rapidă:	Rotații pe minut efective	Pinioane de schimb
606	52	2,42	54,2	65	51								

Normare

Timp principal în minute	Timp ajutător: în min.	în %	Timp pe buc. în min.	Norma: pe oră	pe schimb	Nr. automatelor: pentru un lucrător	pentru un reglor	Categoria: lucrător	reglor
0,87	0,03		0,9	67	536	2	4	3	7

Schema reglajului



Nr. fișei	Modificări	Data	Numele	Nr. fișei	Modificări	Data	Numele

pent

-45°

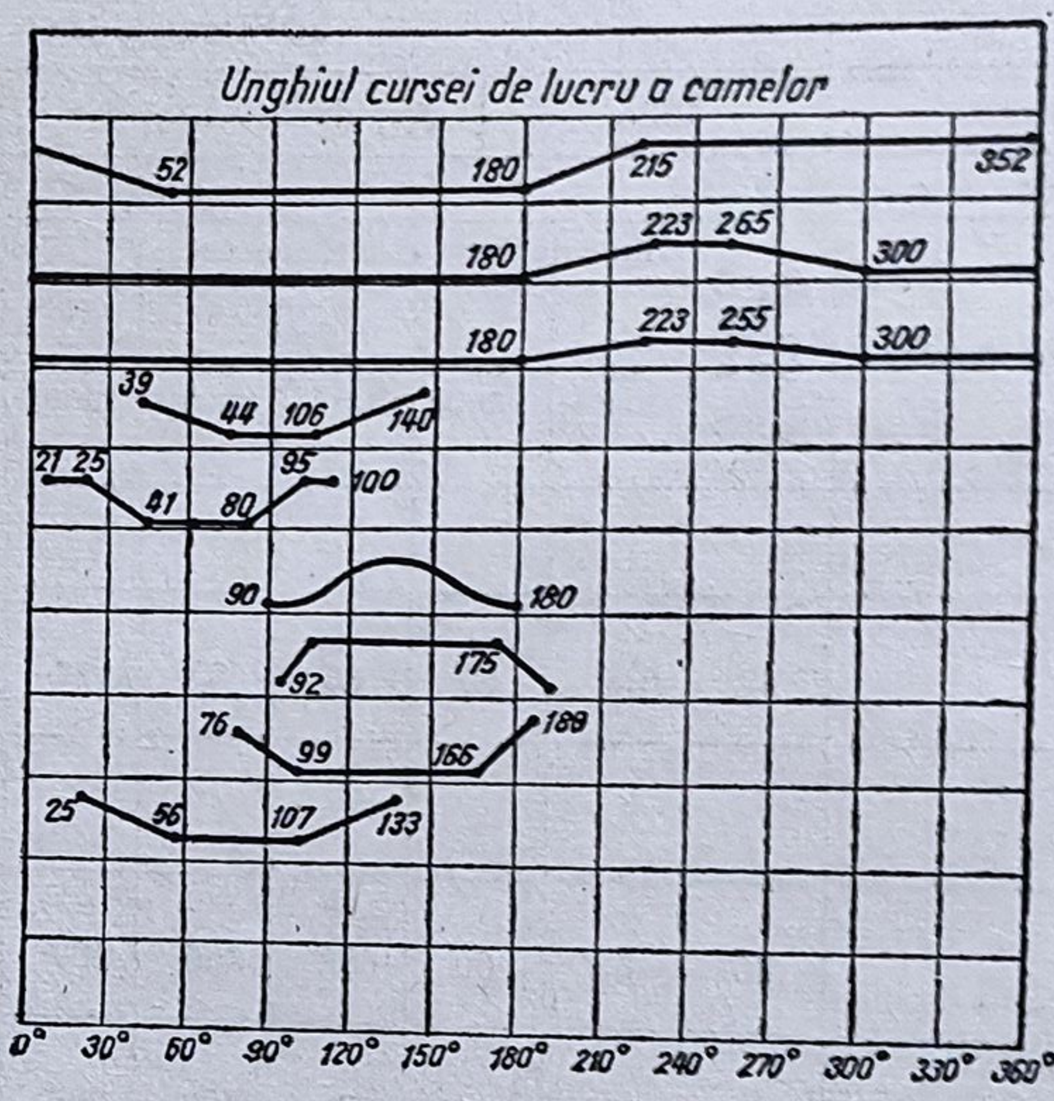
ate

dentru bușca supapei

Tabelul 1.21

BUCȘA SUPAPEI		Reper Nr. H_3-221
Denumirea piesei	Fabricat Tip:	

Nr. crt.	Denumirea camelor	Poz.
1	Cama suportului longitudinal	
2	Cama suport transv. față jos	
3	Cama suport transv. față sus	
4	Camă mecanism de alimentare	
5	Camă mecanism de strîngere	
6	Camă mecanism de rotire a tobei	
7	Camă mecanism de ridicare a tobei	
8	Camă mecanism de fixare a tobei	
9	Camă mecanism de oprire a mat.	
10		



Operația Nr:
Pagina
Pagini
Copia Nr.

Nr crt.	Denumirea camelor	Nr. desenului	Poz.	Urcarea camei	Raportul dintre brațele pîrghiilor	Nr. de fabrică al camei	Modificări came		
							Nr.	Data	Semnătura
1	Cama suportului longitudinal		I, II, III, IV, V	58					
2	Cama suportului transv. față jos		II	10	1:1				
3	Cama suportului transv. față sus		VI	10					
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Serviciul tehnologic		Data	Numele	Semnătura
	Conceput			
	Desenat			
	Verificat			

Serviciul tehnologic		Data	Numele	Semnătura
	Șef secție			
	Aprobat			

Timpul pentru cursele active:

$$t_a = \frac{N_a}{n_{AP}} \cdot 60 = \frac{208}{628} \cdot 60 = 19{,}8 \text{ s.}$$

Din cartea mașinii timpul de mers în gol $t_g = 3{,}3$ s și timpul total va fi:

$$T_p = t_a + t_g = 19{,}8 + 3{,}3 = 23{,}1 \text{ s.}$$

Foaia de calcul și reglaj pentru prelucrarea piesei este prezentată în tabelul 1.15.

49. Să se întocmească foaia de reglaj pentru prelucrarea șurubului de reglaj al tachetului pe un strung automat cu patru axe.

Rezolvare. În funcție de modelul de strung adoptat, AGM-I, calculele se fac similar cu cele din exemplele precedente. În tabelul 1.16 se prezintă foaia de reglaj în care sînt trecute majoritatea elementelor necesare prelucrării piesei.

50. Să se întocmească foaia de reglaj pentru prelucrarea tachetului supapei pe un strung semiautomat cu cinci axe.

Rezolvare. Pentru prelucrarea piesei se alege un strung cu cinci axe principale model DAM-5 × 160. Calculele privind reglajul se fac în mod similar cu cele din exemplele precedente. În tabelul 1.17 se prezintă foaia de reglaj în care sînt trecute majoritatea datelor necesare prelucrării piesei.

51. Să se întocmească foaia de reglaj pentru prelucrarea corpului supapei pe un strung automat cu șase axe.

Rezolvare. Prelucrarea acestei piese se va face pe un strung automat cu șase axe model 1225. În vederea prelucrării s-au făcut calculele necesare trecute în foaia de reglaj (tab. 1.18) cu ajutorul cărora s-a întocmit ciclograma prelucrării și schema de poziționare a sculelor (tab. 1.19).

52. Să se întocmească foaia de reglaj pentru prelucrarea bucșei supapei pe un strung automat cu șase axe.

Rezolvare. Ca și în exemplul precedent se alege un strung automat cu șase axe model 1225. În foaia de reglaj (tab. 1.20), s-au trecut valorile calculate ale parametrilor necesari prelucrării piesei. Cu ajutorul acestor date, în tabelul 1.21, s-a trasat ciclograma prelucrării și schema de poziționare a sculelor.

CAPITOLUL 2

INSTALAREA SEMIFABRICATELOR PENTRU PRELUCRAREA MECANICĂ

2.1. Introducere

Orice semifabricat, pentru a putea fi prelucrat, trebuie instalat fie direct pe masa mașinii-unelte, fie cu ajutorul unui dispozitiv de lucru, într-o anumită poziție a suprafeței ce urmează a fi prelucrată, în raport cu poziția sculei așchietoare.

Orientarea semifabricatului pe masa mașinii-unelte, sau în dispozitiv, pentru a determina corect poziția relativă a suprafeței de prelucrat cu tăișul sculei așchietoare, în vederea prelucrării mecanice, se numește *bazare*.

Suprafețele, liniile sau punctele, care servesc la orientarea semifabricatului pe masa mașinii-unelte, sau în dispozitiv, se numesc *baze tehnologice de instalare*, sau simplu *baze tehnologice*.

După efectuarea bazării, în vederea prelucrării mecanice, semifabricatul trebuie imobilizat în poziția respectivă. Imobilizarea semifabricatului în poziția stabilită la bazare, pentru efectuarea prelucrării mecanice, se numește *fixare*.

Bazarea și fixarea semifabricatelor, considerate împreună, formează instalarea semifabricatelor.

La bazare nu este necesar totdeauna a ridica semifabricatului toate cele șase grade de libertate, însă fixarea trebuie să asigure totdeauna ridicarea celor șase grade de libertate ale semifabricatului în raport cu dispozitivul, sau masa mașinii-unelte, în care se instalează semifabricatul respectiv.

Astfel, în figura 2.1, *a* se observă că pentru obținerea canalului respectiv la cotele x, y, z este necesar ca încă la bazare să se ridice semifabricatului toate cele șase grade de libertate, eforturile de fixare S_1, S_2, și S_3 imobilizînd semifabricatul în poziția stabilită la bazare. În cazul prelucrării canalului în piesa din figura 2.1, *b* este necesar ca la bazare să se ridice semifabricatului cinci grade de libertate, reazemul *3* folosindu-se numai dacă se prevede și efortul de strîngere S_3, în caz contrar se poate renunța la el. Pentru prelucrarea mecanică a suprafeței plane la cota z a piesei din figura 2.1, *c* este suficient

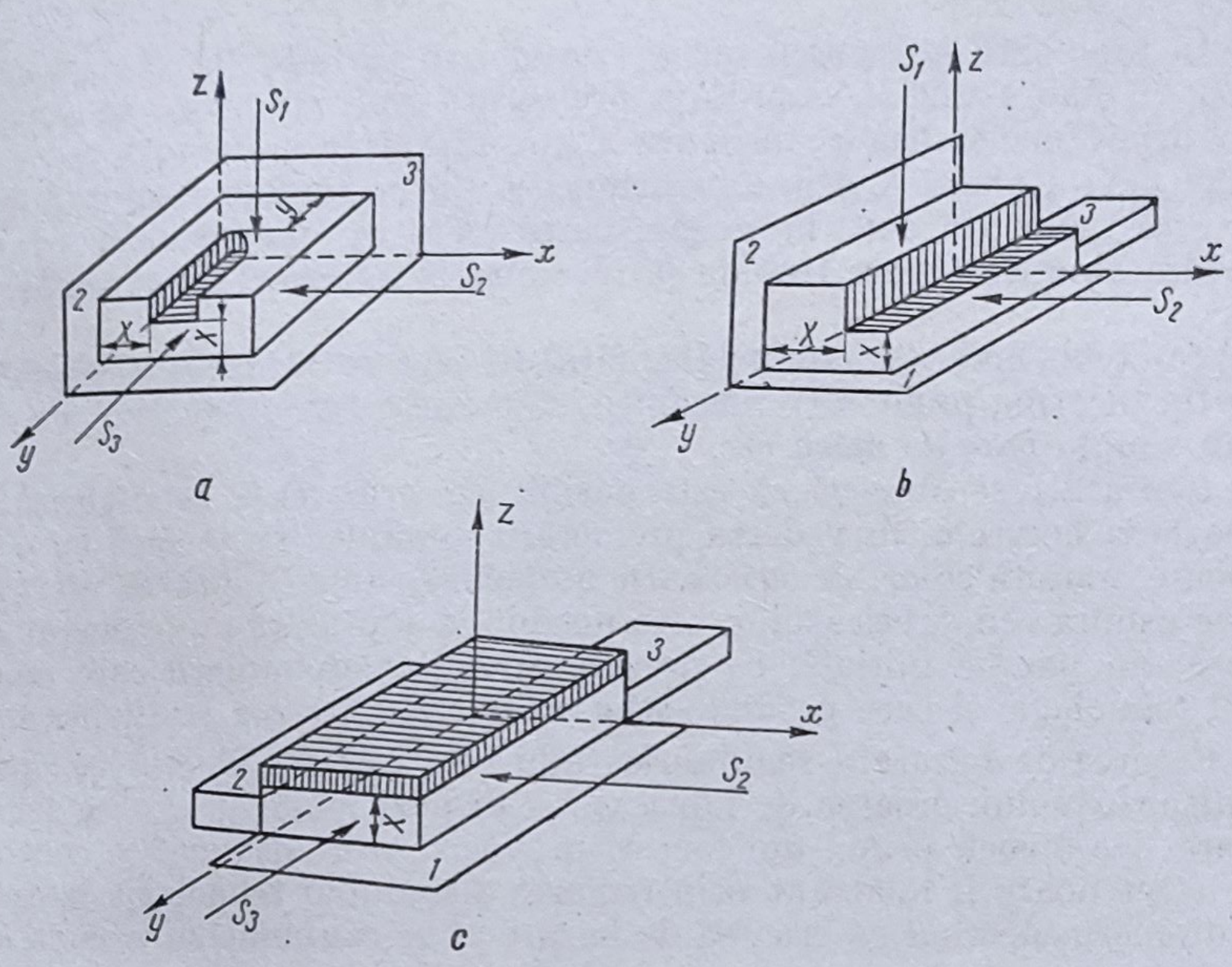


Figura 2.1

să se ridice semifabricatului trei grade de libertate, însă se prevăd reazemele *2* și *3* pentru a putea aplica eforturile de fixare S_2 și S_3.

Orice suprafață ce se obține în urma prelucrării mecanice trebuie raportată (coordonată) la o altă suprafață, intersecție de suprafețe, sau puncte, ale semifabricatului (fig. 2.2).

Astfel, în figura 2.2, *a*, suprafața prelucrată este raportată la generatoarea *A* prin dimensiunea *m*; în figura 2.2, *b*, suprafața prelucrată este raportată la generatoarea *B* prin dimensiunea *n*; în figura 2.2, *c*, suprafața prelu-

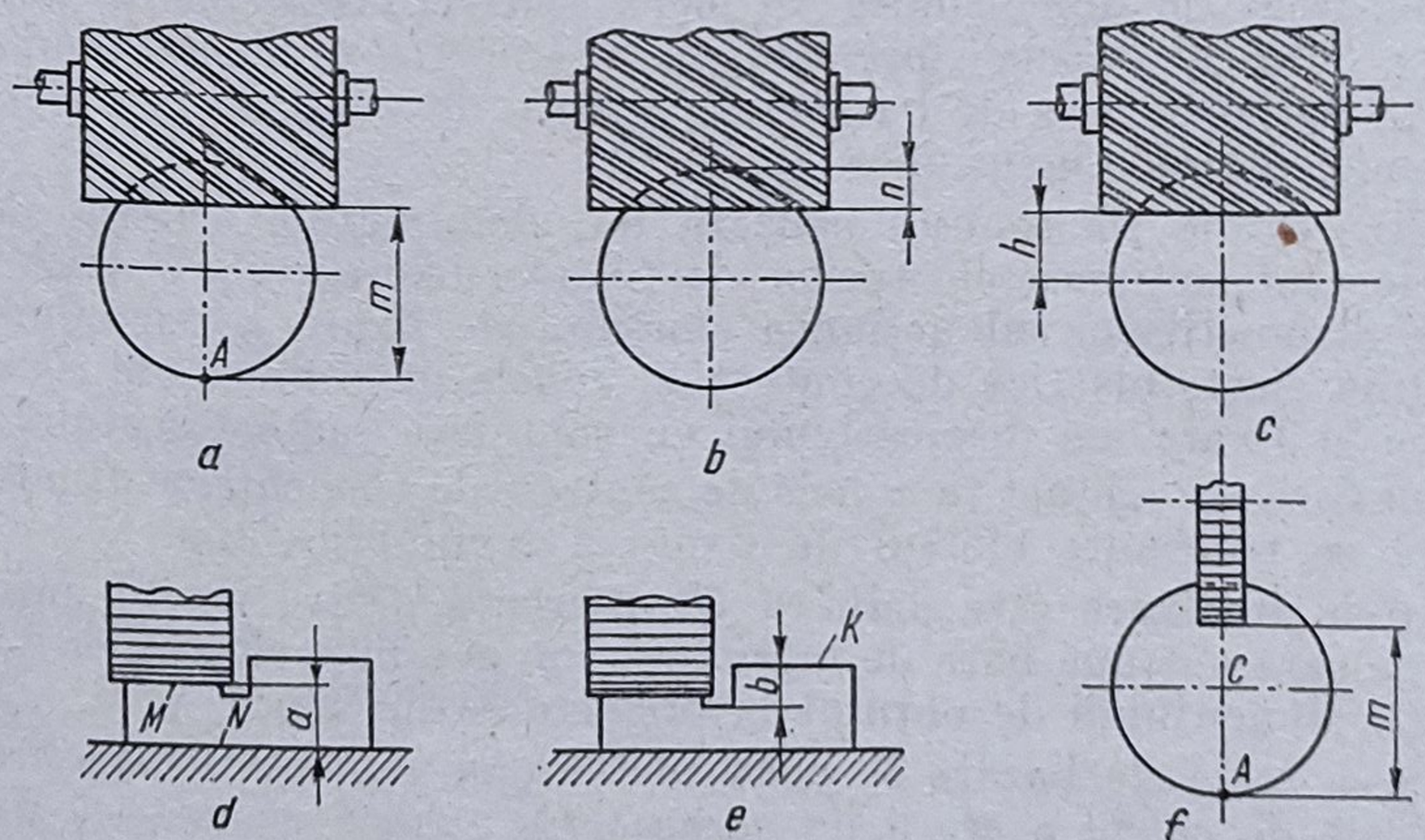


Figura 2.2

crată este raportată la centrul geometric al semifabricatului C prin dimensiunea h; în figura 2.2, *d*, suprafața prelucrată este raportată la suprafața plană N prin dimensiunea a; în figura 2.2, *e*, suprafața prelucrată este raportată la suprafața plană K prin dimensiunea b; în figura 2.2, *f*, suprafața prelucrată este raportată atît la generatoarea A prin dimensiunea m, cît și la centrul geometric C care trebuie să fie simetric în raport cu suprafața prelucrată.

Suprafețele, liniile sau punctele, față de care se raportează suprafețele ce se obțin în urma prelucrării mecanice, se numesc *baze tehnologice de măsurare*, sau simplu *baze de măsurare*.

În figura 2.1 se observă că este posibil ca orientarea semifabricatului, adică bazarea acestuia, în vederea prelucrării mecanice să se facă cu o anumită eroare, numită *eroare de bazare*. De asemenea, după aplicarea eforturilor de fixare asupra semifabricatului, este posibil ca suprafața de prelucrat să se deplaseze din poziția inițială, ca urmare anumitor deformații care apar în sistemul tehnologic și care produc astfel *eroarea de fixare* a semifabricatului.

— Eroarea de bazare a semifabricatului este cauzată de eroarea cinematică a dispozitivului, eroarea de fabricație a dispozitivului și eroarea schemei de bazare. De obicei, primii doi factori provoacă erori sistematice constante a căror efect poate fi înlăturat prin reglarea sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru, urmînd ca eroarea de bazare să se confunde cu eroarea schemei de bazare.

Eroarea schemei de bazare, și deci eroarea de bazare, este definită ca diferențiala totală a proiecției vectorului de legătură dintre bazele tehnologice de instalare și bazele tehnologice de măsurare, pe direcția dimensiunii de realizat.

Conform definiției erorii de bazare, rezultă că dacă vectorul de legătură dintre una din bazele tehnologice de instalare și baza tehnologică de măsurare este zero, și aceasta se întîmplă cînd baza tehnologică de măsurare coincide cu una din bazele tehnologice de instalare, eroarea de bazare este și ea zero.

De asemenea, eroarea de bazare apare cînd se prelucrează pe sisteme tehnologice reglate în prealabil la dimensiunea de lucru. Dacă reglarea sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru se efectuează, sau se corectează, de fiecare dată cînd începe prelucrarea mecanică a unui nou semifabricat, nu va mai apare eroarea de bazare ci o eroare de verificare a reglării sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru.

— Eroarea de fixare este cauzată de: deformațiile elastice ale semifabricatelor sub acțiunea eforturilor de fixare; deformațiile elastice ale elementelor dispozitivelor sub acțiunea efortului de fixare a semifabricatului; deformațiile elasto-plastice de contact în zonele de contact ale elementelor de bazare și fixare ale dispozitivului cu suprafața semifabricatului; deformațiile elastice de contact în zonele de contact ale elementelor dispozitivului prin care se transmite efortul de fixare a semifabricatului.

Eroarea de fixare este definită ca diferența dintre poziția maximă și minimă pe care o ocupă baza de măsurare, sub acțiunea eforturilor de fixare, pe direcția dimensiunii de obținut la prelucrarea mecanică.

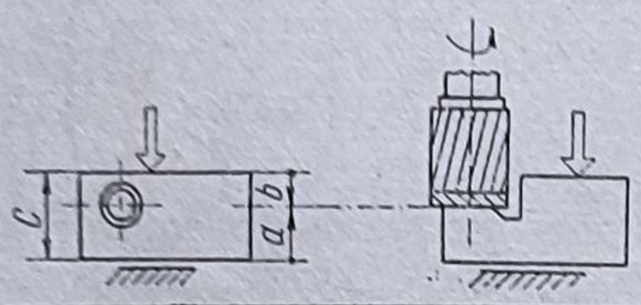
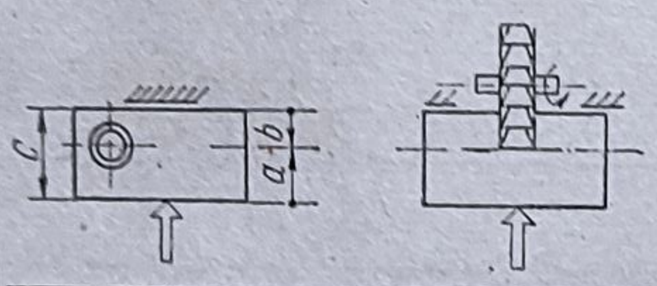
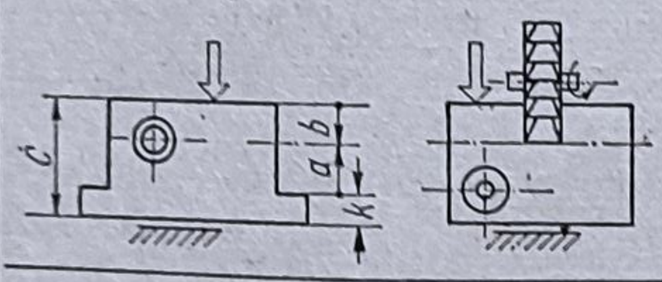
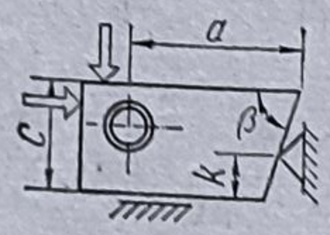
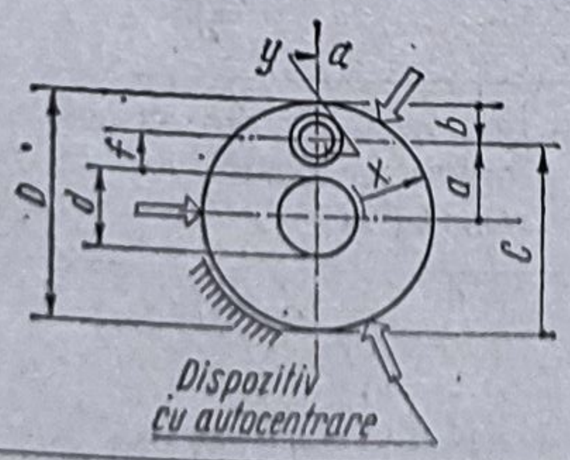
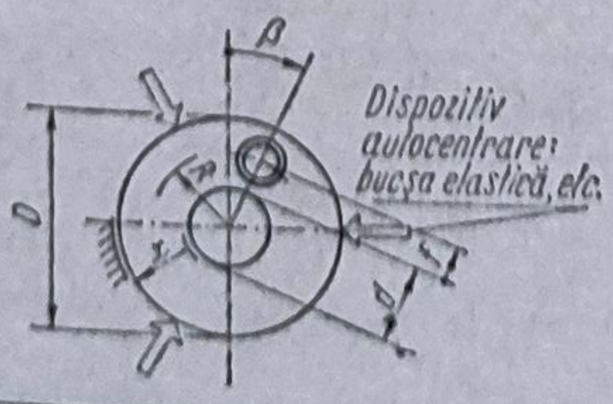
Eroarea reală de bazare se poate determina prin particularizarea relației generale de calcul a erorii de bazare, sau analiza geometrică directă a schemei de bazare concrete. De asemenea, eroarea de fixare se poate deter-

mina cu ajutorul relaţiilor teoretico-experimentale stabilite în literatura de specialitate.

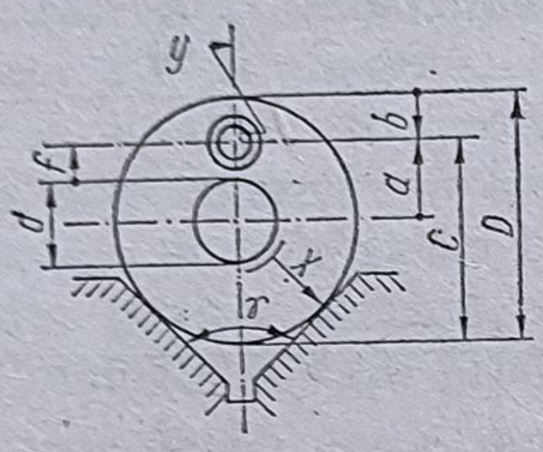
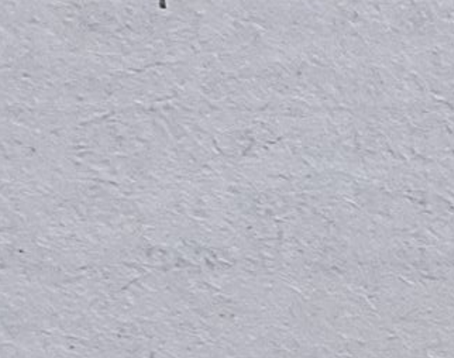
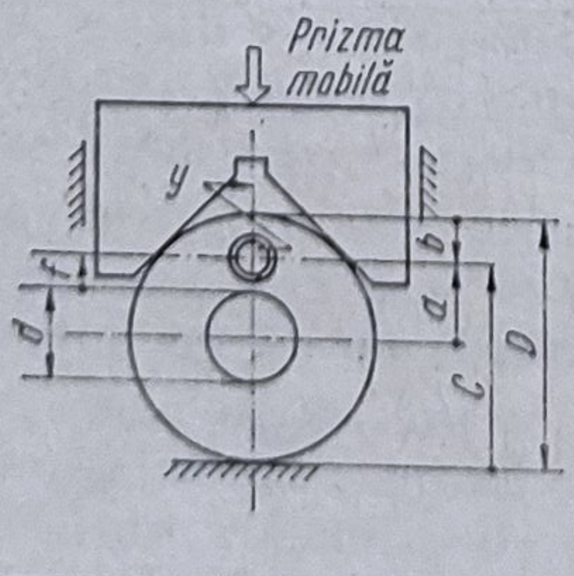
În tabelul 2.1, se prezintă relaţii de calcul a erorilor de bazare pentru cele mai reprezentative situaţii întîlnite în practica tehnologică din între-

Tabelul 2.1

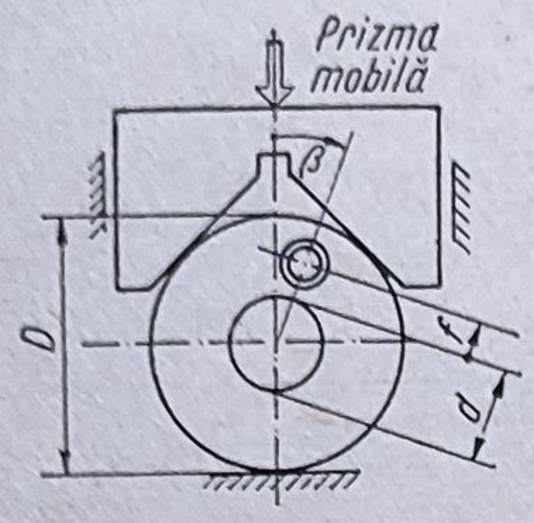
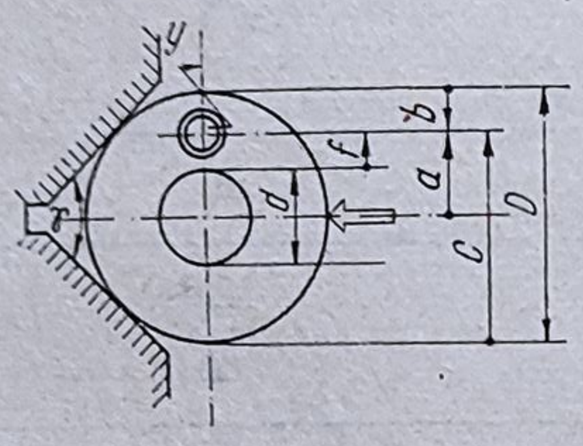
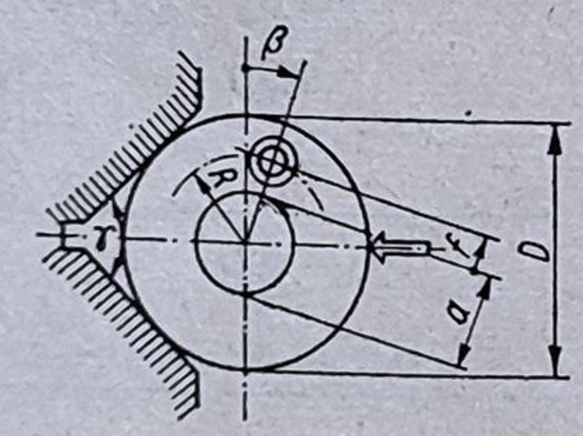
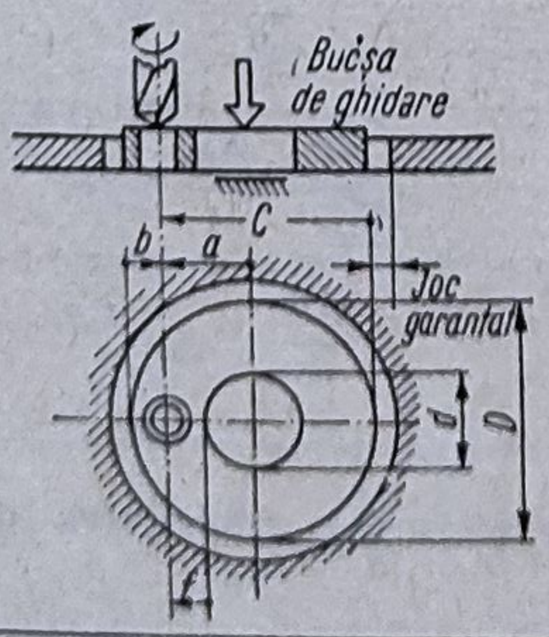
Relaţii de calcul al erorii de bazare pentru diferite scheme tipice de bazare

Nr. crt.	Schema de bazare	Dimensiunea	Valoarea absolută maximă a erorii de bazare
0	1	2	3
1		*a*	0
		b	ΔC
2		*a*	ΔC
		b	0
3		*a*	ΔK
		b	ΔC
4		*a*	$\frac{\Delta C}{\operatorname{tg}\beta} + K \cdot \operatorname{tg}\beta$
5		*a*	0
		b	$\frac{\Delta D}{2}$
		c	
		f	$\frac{\Delta d}{2} + x$
		y	x
6		$\frac{\beta}{R}$	0
		f	$\frac{\Delta d}{2} + x$

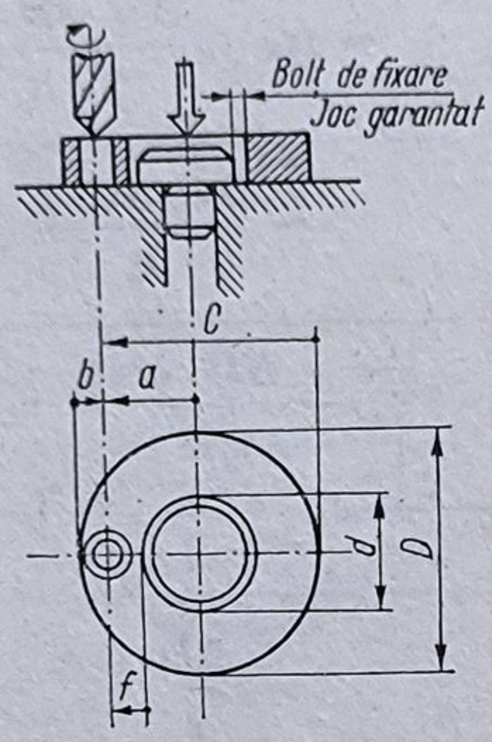
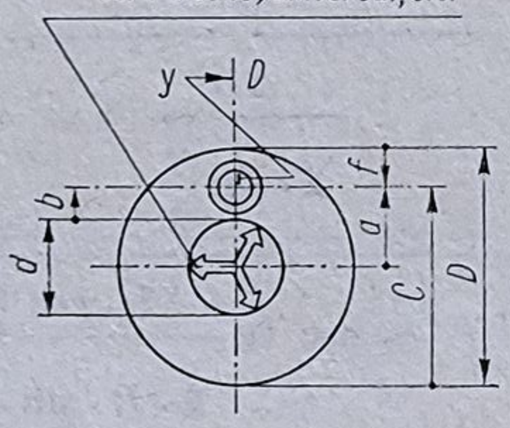
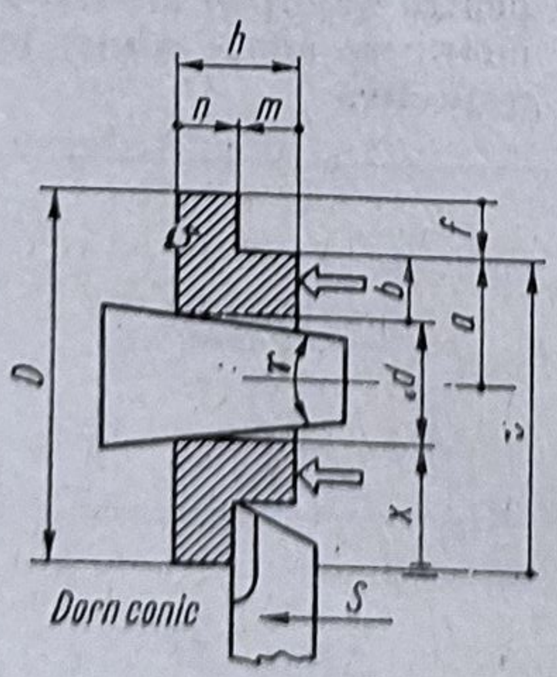
Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3
7		a	$\frac{\Delta D}{2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}$
		b	$\frac{\Delta D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} + 1 \right)$
		c	$\frac{\Delta D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} - 1 \right)$
		f	$\frac{\Delta D}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\gamma}{2}} + \frac{\Delta d}{2} + x$
		y	x
		β	$\sim \text{arc tg} \frac{\Delta D \cdot \sin \beta}{2 \cdot R \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}$
8		R	$\sim \frac{\Delta D \cdot \cos \beta}{2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}$
		f	$\sim \frac{\Delta D \cdot \cos \beta}{2 \cdot \sin \frac{\gamma}{2}} + \frac{\Delta d}{2} + x$
		β	— pentru valori în alt cadran trigonometric se aduce relația la valoarea respectivă
9		a	$\frac{\Delta D}{2}$
		b	ΔD
		c	0
		f	$\frac{\Delta D + \Delta d}{2} + x$
		y	x

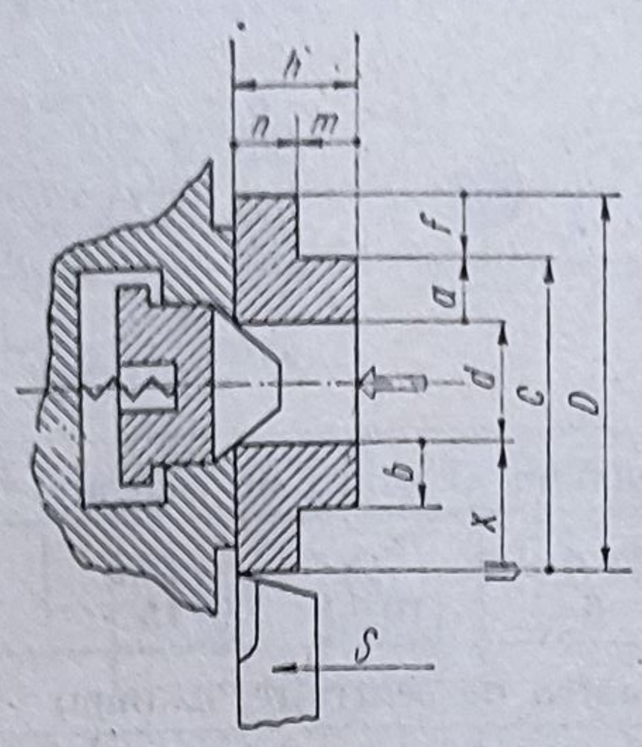
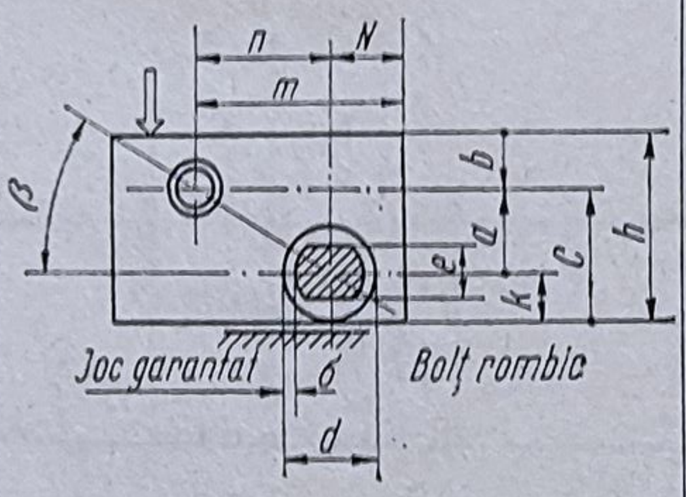
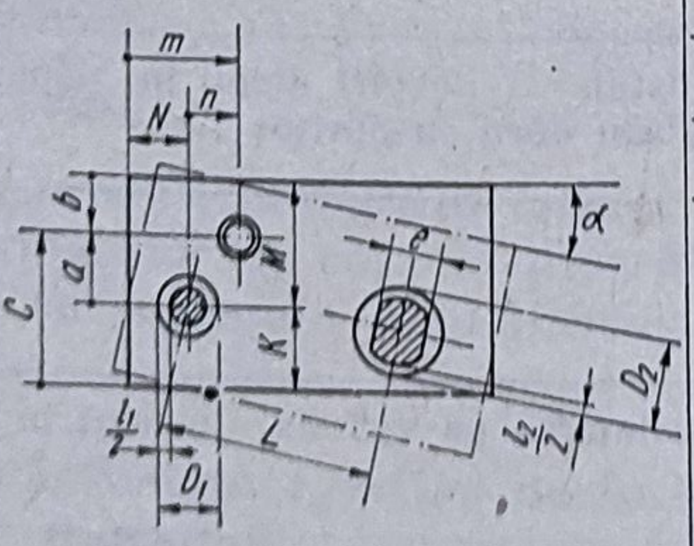
Tabelul 2.1 **(continuare)**

0	1	2	3
10		β	$\sim \text{arc tg} \dfrac{\Delta D \cdot \sin \beta}{2 \cdot R}$
		R	$\sim \dfrac{\Delta D \cdot \cos \beta}{2}$
		f	$\dfrac{\Delta d + \Delta D \cdot \cos \beta}{2} + x$
11		a	0
		b	$\dfrac{\Delta D}{2}$
		c	
		f	$\dfrac{\Delta d}{2} + x$
		y	$\dfrac{\Delta D}{2 \cdot \sin \dfrac{\gamma}{2}} + x$
12		β	$\sim \text{arc tg} \dfrac{\Delta D \cdot \cos \beta}{2 \cdot R \cdot \sin \dfrac{\gamma}{2}}$
		R	$\sim \dfrac{\Delta D \cdot \sin \beta}{2 \cdot \sin \dfrac{\gamma}{2}}$
		f	$\dfrac{\Delta D \cdot \sin \beta}{2 \cdot \sin \dfrac{\gamma}{2}} + \dfrac{\Delta d}{2} + x$
		β	— pentru valori în alt cadran trigonometric se aduce relația la valoarea respectivă
13		a	ΔD
		b	
		c	
		f	$\Delta D + \dfrac{\Delta d}{2} + x$

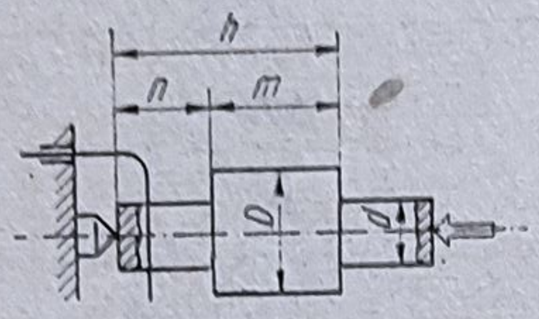
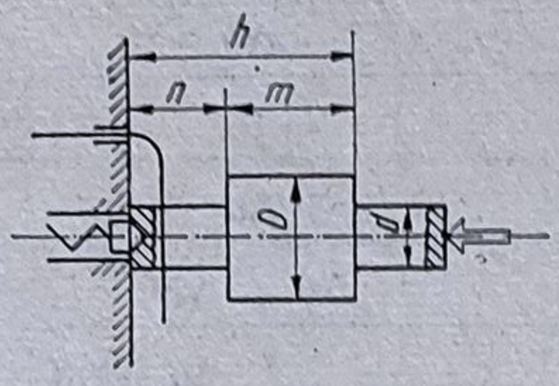
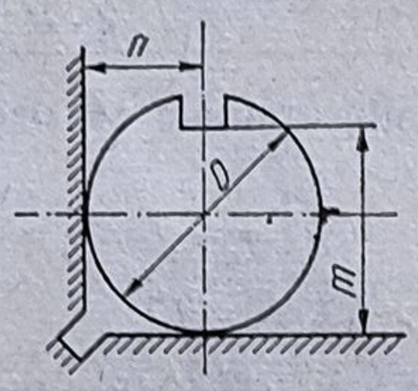
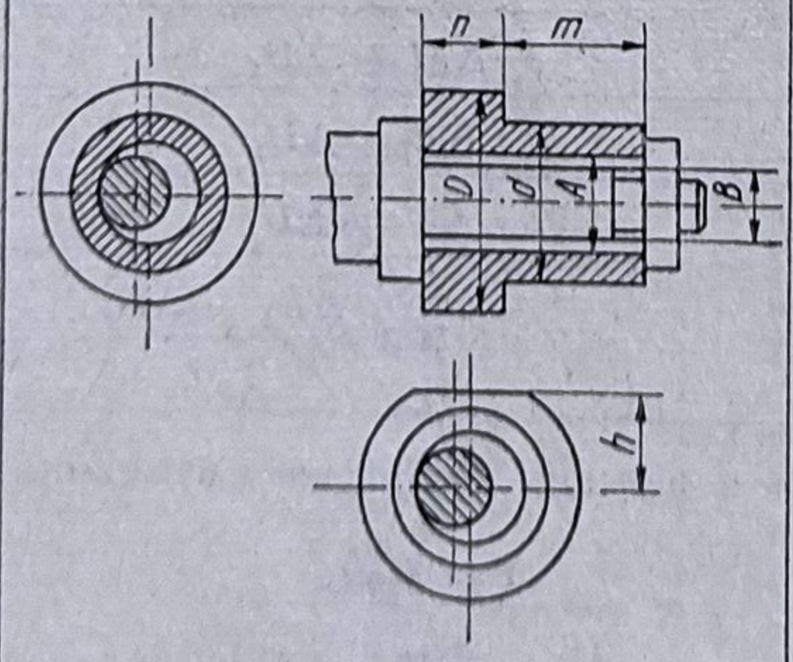
Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3
14		*a*	
		f	Δd
		b	
		c	$\Delta d + \frac{\Delta D}{2} + x$
15	Dispozitiv cu autocentrare: dorn elastic, universal, etc. 	*a*	0
		b	$\frac{\Delta d}{2}$
		c	$\frac{\Delta D}{2} + x$
		f	
		y	x
16		β	0
		R	
		f	$\frac{\Delta D}{2}$
17		*a*	0
		b	$\frac{\Delta d}{2}$
		f	$\frac{\Delta D}{2} + x$
		c	
		n	$\frac{\Delta d}{k}$
		m	$\frac{\Delta d}{2} + \Delta h$
			$k = 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}$, conicitatea dornului

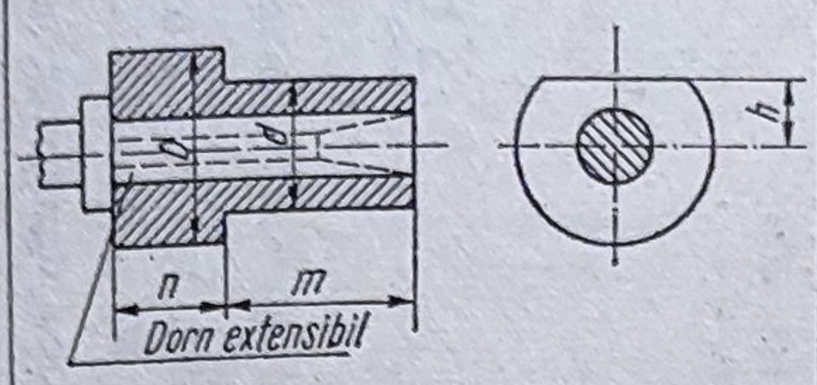
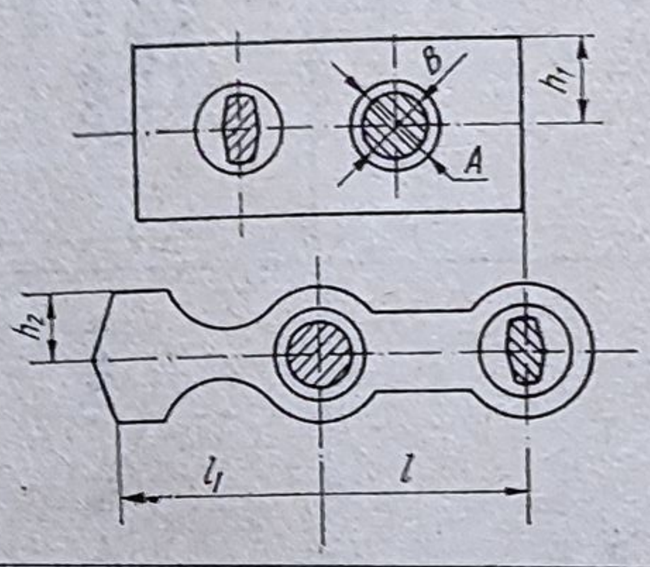
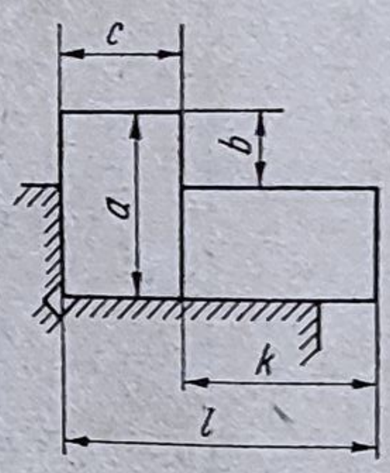
Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3
18		a	0
		b	$\frac{\Delta d}{2}$
		f	$\frac{\Delta D}{2} + x$
		c	
		n	0
		m	Δh
19		a	ΔK
		b	Δh
		c	0
		n	Δd
		m	$\Delta d + \Delta N$
		β	$2 \text{ arc } \sin \frac{\Delta d \cdot \sin\beta}{2 \cdot R}$
			Lățimea e a bolțului rombic se determină cu relația, $e = \frac{d \cdot J_{min}}{\Delta K + \Delta K_y}$ unde, ΔK_y este toleranța dispozitivului după dimensiunea K.
20		a	ΔD_1
		n	
		b	$\Delta M + \Delta D_1$
		c	$\Delta K + \Delta D_1$
		m	$\Delta N + \Delta D_1$
		α	$\sim 2 \text{ arc } \sin \frac{\Delta D_1 + \Delta D_2}{2 \cdot L}$
			Lățimea e a bolțului rombic se determină cu relația, $e \approx \frac{D_2 \cdot J_{2min}}{\Delta L + \Delta L_y - J_{1min}}$ unde, ΔL_y este toleranța dispozitivului după dimensiunea L.

Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3				
21		D	0				
		d					
		m					
		n	ΔC				
		h					
		Diametrul maxim al găurii de centrare, în mm					
		1 ; 2 2,5	4 ; 5 6	7,5 10	12,5 15	20 30	
		Eroarea de centruire, ΔC(mm)					
		0,11	0,14	0,18	0,21	0,25	
22		D	0				
		d					
		m					
		n					
		h					
23		n	$\frac{\Delta D}{2}$				
		m	0				
24		D	$J_{min} + \Delta B + \Delta A$				
		d					
		h					
		Pentru instalarea pe vîrf mobil în păpușa fixă, în bucșă, sau dorn cu opritor fix,					
		n	0				
		m					
		Pentru instalarea pe vîrf fix, instalat în păpușa mobilă,					
		m	0				
		n	ΔC				

Tabelul 2.1 (continuare)

0	1	2	3
25		D d h n	0
		m	Δn
26		h_1	$J_{min} + \Delta B + \Delta A$
		h_2	$(J_{min} + \Delta B + \Delta A) \cdot \frac{2 \cdot l_1 + l}{l}$
27		b	Δa
		k	Δl
		c	0

Legendă:

Δa; Δb; Δc; ... — Toleranţele dimensiunilor, a,b,c, ...

⟹ — Forţele de fixare.

▬▬ — Suprafaţa de prelucrat.

▨ — Baze tehnologice de instalare.

x — Bătaia radială.

J_{min} — Jocul minim garantat.

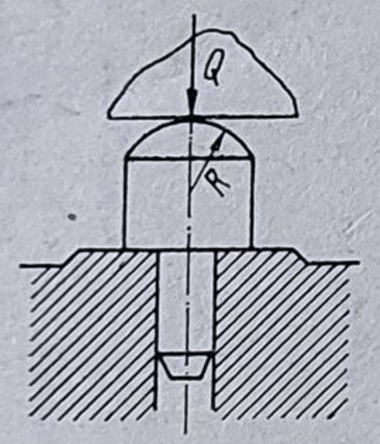
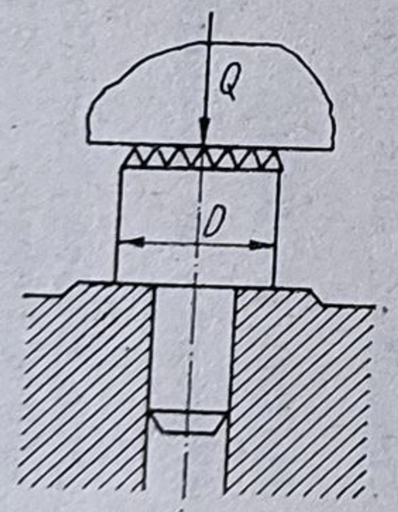
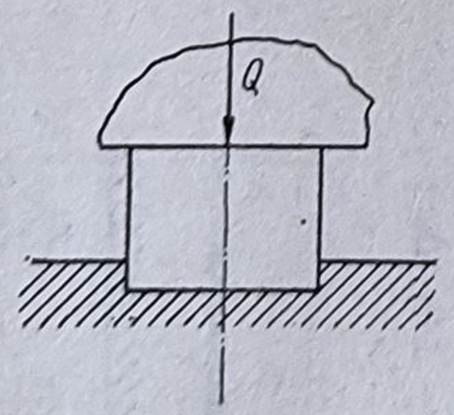
prinderile constructoare de maşini, iar în tabelul 2.2 se prezintă relaţii de calcul a deformaţiilor de contact dintre elementele de bazare şi fixare ale dispozitivului cu suprafaţa semifabricatului, în funcţie de forma acestor contacte.

2.2. Influenţa erorilor de instalare asupra preciziei de prelucrare mecanică

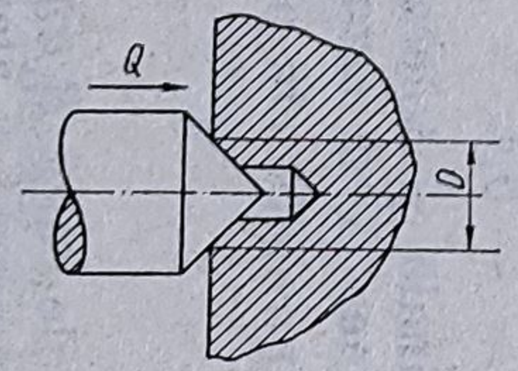
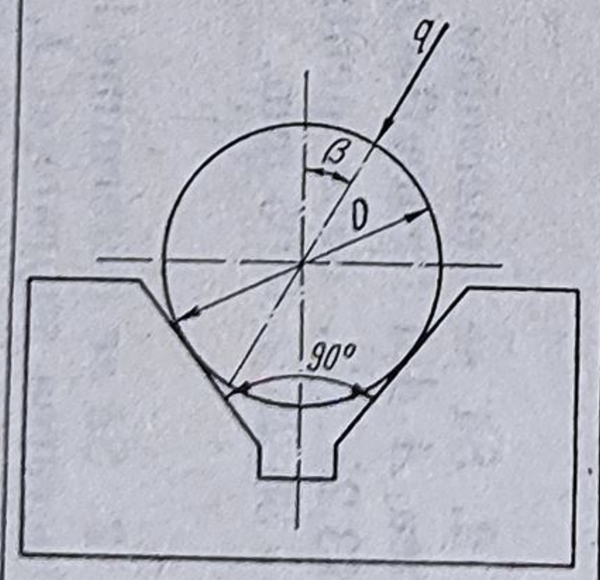
1. Se supune prelucrării mecanice, prin frezare, piesa din figura 2.3. Dacă cota A este prescrisă în documentaţia tehnologică $A = 85 \pm 0{,}05$ mm, să se determine dimensiunea nominală şi toleranţa dimensiunii de reglare

Tabelul 2.2

Determinarea deformațiilor elasto-plastice de contact (locale), în zonele de contact a elementelor de bazare și fixare ale dispozitivelor cu suprafețele semifabricatelor

Felul reazemului	Schița de instalare	Relația de calcul	Valoarea parametrilor
1	2	3	4
Reazem cu suprafața sferică		$Y = B \cdot \frac{Q^{0,75}}{R}$ (μm)	Q — forța de fixare, în daN. B — constantă, având valori: — pentru OLC 45, $B = 5,2$ — pentru fontă cenușie cu duritatea $HB = 180...200$, $B = 5,8$ R — raza sferei, în mm
Reazem cu suprafața striată		$Y = A \cdot q^{0,5}$ (μm)	q — presiunea specifică de strîngere, în daN/cm². Pentru fontă cenușie cu duritatea $HB = 180...200$, D(mm) — A 6 — 4,7 12 — 4,7 20 — 4,9 25 — 5,1 30 — 5,3 40 — 6,2
Reazem cu suprafața netedă		$Y = B_1 \cdot (B_2 + B \cdot R_a) \cdot q^{0,5}$ (μm)	q — presiunea specifică de strîngere în daN/cm². Pentru OLC 45, $B_1 = 0,03$; $B_2 = 20$ și $B = 1$ R_a — rugozitatea suprafeței, în μm.

Tabelul 2.2 (continuare)

1	2	3	4
Rezemare pe vîrfuri de centrare		Radial $Y_r = B_1 \cdot Q_r^{0,5}$ (μm) Axial $Y_a = B_2 \cdot Q_a^{0,5}$ (μm)	Q_r și Q_a — forțele de strîngere, radială, respectiv axială, în daN. Pentru OLC 45 și presiuni specifice pînă la 800 daN/cm²,
Rezemare pe prisme cu unghiul la vîrf 90°		$Y = 2 \cdot q^{0,5} \cdot \left(\frac{22 + 0,03 \cdot R_a^2}{D}\right) \cdot \cos \beta$ (μm)	q — forța specifică de strîngere, în daN/cm. β — unghiul între direcția de acționare a forței de strîngere și direcția dimensiunii de obținut, în grd. R_a — rugozitatea suprafeței, în μm. D — diametrul semifabricatului, în mm.

D(mm)	B_1	B_2
2	11,8	8,6
2,5	8,6	6,6
4	5,8	4,1
5	3,8	2,9
7,5	2,9	2,2
10	2,1	1,6
12,5	1,7	1,3
15	1,4	1,1
20	1,0	0,8
30	0,7	0,5

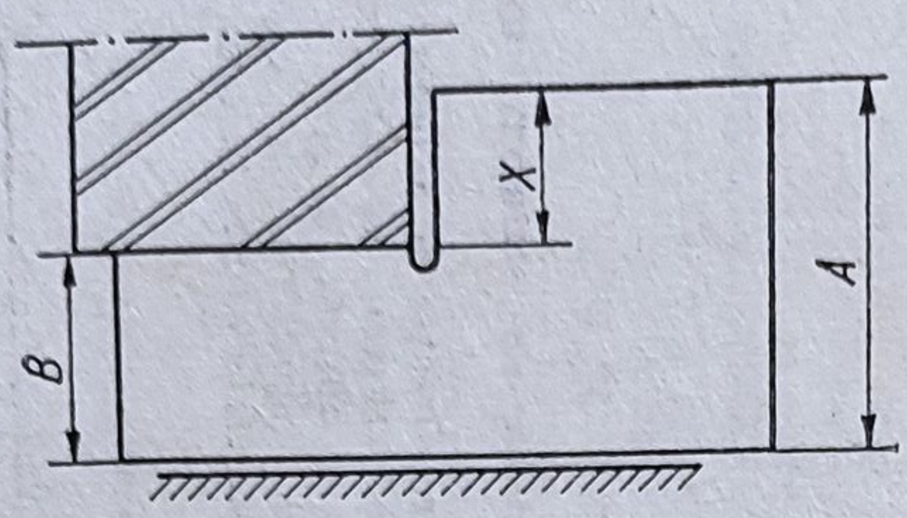


Fig. 2.3

a sistemului tehnologic la condițiile de lucru B, astfel ca dimensiunea X să rezulte la valoarea $X = 46 \pm 0{,}1$ mm.

Rezolvare. Întrucît A și B sînt dimensiunile componente ale lanțului de dimensiuni, iar X este dimensiune rezultantă a acestuia, ecuația lanțului tehnologic de dimensiuni va fi:

$$A^{+A_{sA}}_{+A_{iA}} - (B^{+A_{sB}}_{+A_{iB}}) = X^{+A_{sX}}_{+A_{iX}} \qquad \text{(a)}$$

și după desfacerea parantezei pentru dimensiunea B, va căpăta aspectul,

$$A^{+A_{sA}}_{+A_{iA}} - B^{-A_{iB}}_{-A_{sB}} = X^{+A_{sX}}_{+A_{iX}} \qquad \text{(b)}$$

Înlocuind valorile din problemă în ecuația (b) rezultă,

$$85^{+0,05}_{-0,05} - B^{-A_{iB}}_{-A_{sB}} = 46^{+0,1}_{-0,1}$$

$$\begin{aligned} 85 - B &= 46 \rightarrow B = 85 - 46 = 39 \\ +0,05 - A_{iB} &= 0,1 \rightarrow A_{iB} = +0,05 - 0,1 = -0,05 \\ -0,05 - A_{sB} &= -0,1 \rightarrow A_{sB} = -0,05 + 0,1 = +0,05 \end{aligned}$$

Deci cota căutată va fi, $B = 39 \pm 0{,}05$ mm.

Înlocuind și valorile obținute pentru B în ecuația (b) se poate face calculul de verificare,

$$\begin{aligned} 85^{+0,05}_{-0,05} - 39^{+0,05}_{-0,05} &= 46^{+0,1}_{-0,1} \\ 85 - 39 &= 46 \\ +0,05 + 0,05 &= 0,1 \\ -0,05 - 0,05 &= -0,1 \end{aligned}$$

2. Să se determine dimensiunea nominală și toleranța pentru dimensiunea A din figura 2.4, astfel ca dimensiunea X să rezulte în limitele $X = 13{,}25^{+0,15}_{-0,10}$, dacă pentru dimensiunea suprafeței de prelucrat se prescrie $B = 38{,}25 \pm 0{,}05$ mm.

R. $A = 51{,}5^{+0,10}_{-0,05}$ mm.

3. Să se determine limitele admisibile ale cotei B din figura 2.5, pentru prelucrarea suprafeței *1*, astfel ca după burghierea și alezarea găurii la cota $A = 41{,}65_{-0,02}$ mm să rezulte cote $X = 8{,}35_{-0,05}$ mm.

R. $B = 49{,}98_{-0,03}$ mm.

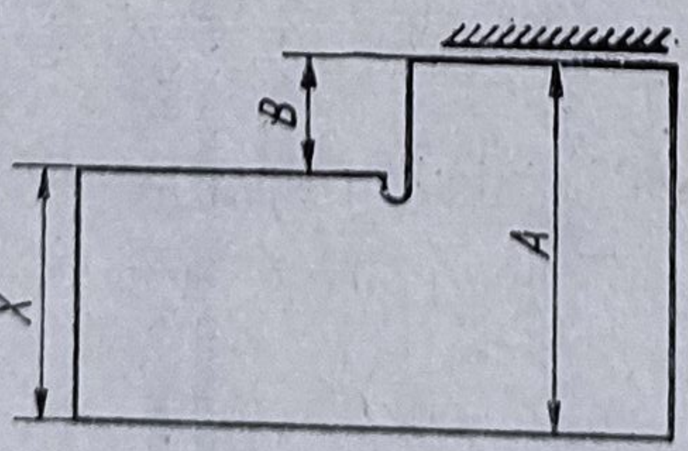


Fig. 2.4

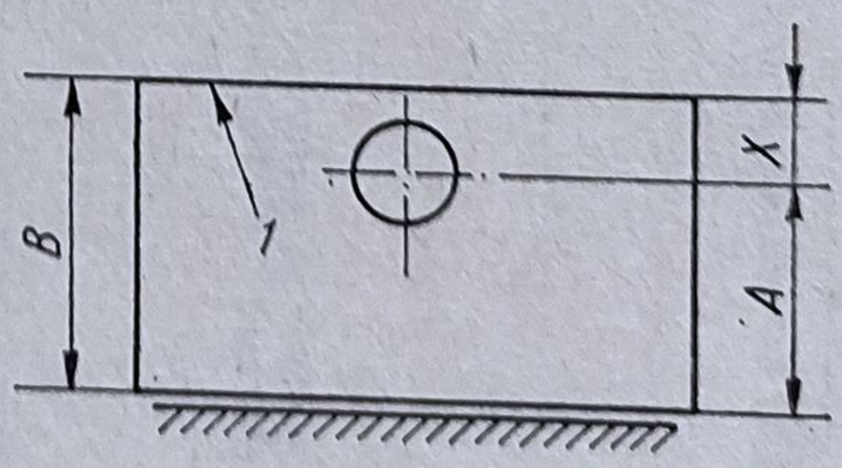


Fig. 2.5

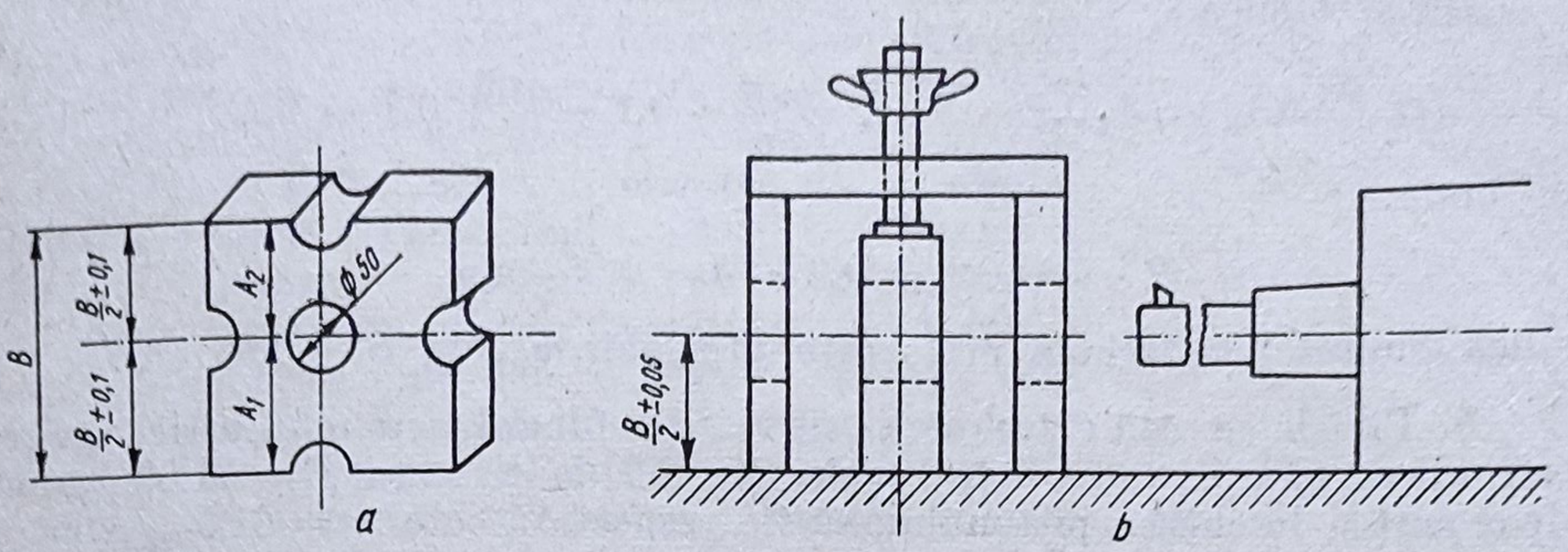


Fig. 2.6

4. Să se stabilească precizia cotei B la prelucrarea mecanică inițială a suprafețelor superioară și inferioară a piesei din figura 2.6, *a*, astfel ca după strunjirea ulterioară a alezajului cu bazarea semifabricatului pe suprafața inferioară din figura 2.6, *b*, să se respecte condițiile de simetrie a poziției găurii cu diametrul de 50 mm. La strunjire, precizia de reglare a sistemului tehnologic pe verticală este de $\pm 0{,}05$ mm.

Rezolvare. Se presupune că la prelucrare cota B este respectată în limitele $B \pm \delta$ mm, în care caz, după strunjirea alezajului, distanțele de la axa acestuia pînă la suprafața superioară, respectiv inferioară, vor fi,

$$A_1 = \frac{B}{2} \pm 0{,}05$$

$$A_2 = B \pm \delta - A_1 = B \pm \delta - \frac{B}{2} \pm 0{,}05,$$

de unde rezultă:

$$A_{2max} = B + \delta - \frac{B}{2} + 0{,}05 = \frac{B}{2} + \delta + 0{,}05$$

$$A_{2min} = B - \delta - \frac{B}{2} - 0{,}05 = \frac{B}{2} - \delta - 0{,}05.$$

Din condițiile problemei se poate scrie:

$$A_{2max} = \frac{B}{2} + 0{,}1$$

$$A_{2min} = \frac{B}{2} - 0{,}1$$

și din egalitățile corespunzătoare pentru A_{2max} și A_{2min}, rezultă;

$$\Delta A_2 = A_{2max} - A_{2min} = \frac{B}{2} + \delta + 0{,}05 - \frac{B}{2} + \delta + 0{,}05 = 2 \cdot \delta + 0{,}1.$$

De asemenea,

$$\Delta A_2 = A_{2max} - A_{2min} = \frac{B}{2} + 0{,}1 - \frac{B}{2} + 0{,}1 = 0{,}2,$$

de unde:

$$2 \cdot \delta + 0{,}1 = 0{,}2 \rightarrow \delta = 0{,}05 \text{ mm},$$

adică, suprafeţele trebuie prelucrate prealabil la cota $B \pm 0{,}05$ mm.

5. Pînă la ce cotă C trebuie să fie realizat fundul pistonului, astfel ca după strunjirea găurii pentru boltul bielei (fig. 2.7) la distanţa $B = 41{,}55_{-0{,}05}$ mm de la partea deschisă a pistonului, să fie respectată cota $A = 61{,}5_{-0{,}1}$ mm.

R. $C = 103_{-0.05}$ mm.

6. La carcasa punţii din spate de la un autocamion (fig. 2.8), din semifabricat turnat, se prelucrează prin strunjire în succesiune, următoarele operaţii tehnologice:

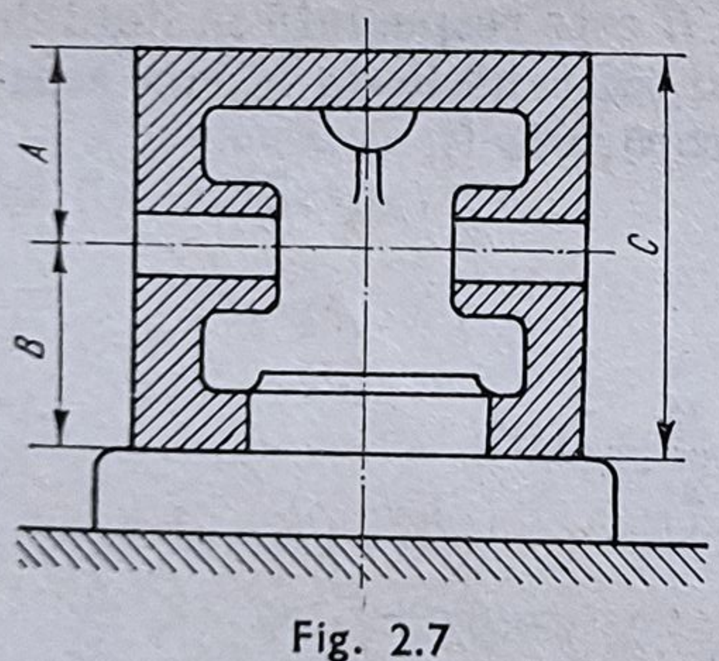


Fig. 2.7

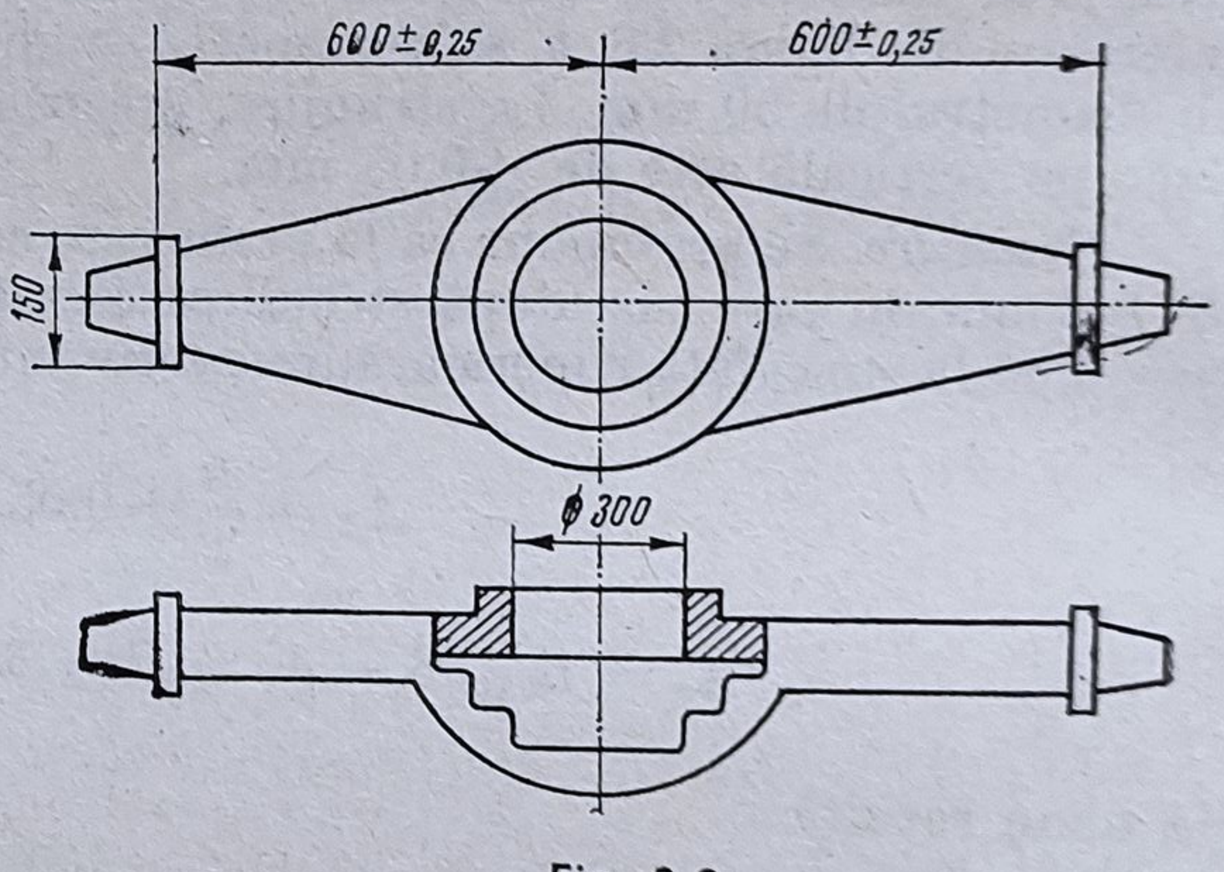


Fig. 2.8

a) strunjire exterioară de degroşare a unuia din capete şi strunjirea frontală a primei flanşe;

b) strunjire exterioară de degroşare a celuilalt capăt şi strunjirea frontală a celei de a doua flanşe;

c) strunjirea exterioară de finisare a primului capăt şi strunjire frontală de finisare a primei flanşe;

d) strunjire exterioară de finisare a celui de-al doilea capăt şi strunjirea frontală de finisare a celei de-a doua flanşe;

e) strunjire interioară a alezajului central cu diametrul de 300 mm (fig. 2.9).

Ce adaos de prelucrare minim trebuie lăsat pentru strunjirea interioară a alezajului cu diametrul de 300 mm, dacă la strunjirea exterioară de finisare, toleranţa pentru distanţa de la baza tehnologică de măsurare pînă la suprafaţa flanşei ce poate fi respectată este de $\pm 0{,}5$ mm (operaţiile 3 şi 4), la strunjirea exterioară de degroşare de la baza de măsurare prelucrată $\pm 1{,}0$ mm (operaţia 2) şi la strunjirea exterioară de degroşare de la baza de măsurare brută $\pm$ 0,2 mm (operaţia 1).

La strunjirea alezajului cu diametrul de 300 mm, piesa se reglează după părţile frontale ale flanşelor într-un dispozitiv cu autocentrare (fig. 2.10) care funcţionează în felul următor: la rotirea manetei *1*, cremalierele *2* şi *3* execută o mişcare de translaţie rotind pinioanele *4* şi apropiind sau depărtînd bucşele *5* care reglează piesa în raport cu scula aşchietoare.

Rezolvare. Se reprezintă schematic modul de instalare a semifabricatului, pentru fiecare operaţie tehnologică, indicînd şi bazele tehnologice de măsurare (fig. 2.9). Se alege adaosul mediu de prelucrare la strunjire de 3 mm. Introducînd această valoare succesiv în valorile dimensiunilor L, se obţin cotele interoperaţionale, începînd cu operaţia 4:

— operaţia 4 : $L_4 = 1200 \pm 0{,}5$ mm
— operaţia 3 : $L_3 = 1203 \pm 0{,}5$ mm
— operaţia 2 : $L_2 = 1206 \pm 1{,}0$ mm,

Deoarece după operaţia tehnologică 1 toleranţa este de ± 2 mm, pentru obţinerea unui adaos minim de cel puţin 2 mm, se măreşte adaosul de prelucrare nominal cu 1 mm, adică se iau 4 mm în loc de 3 mm, de unde rezultă, pentru operaţia 1: $L_1 = 604 \pm 2{,}0$ mm.

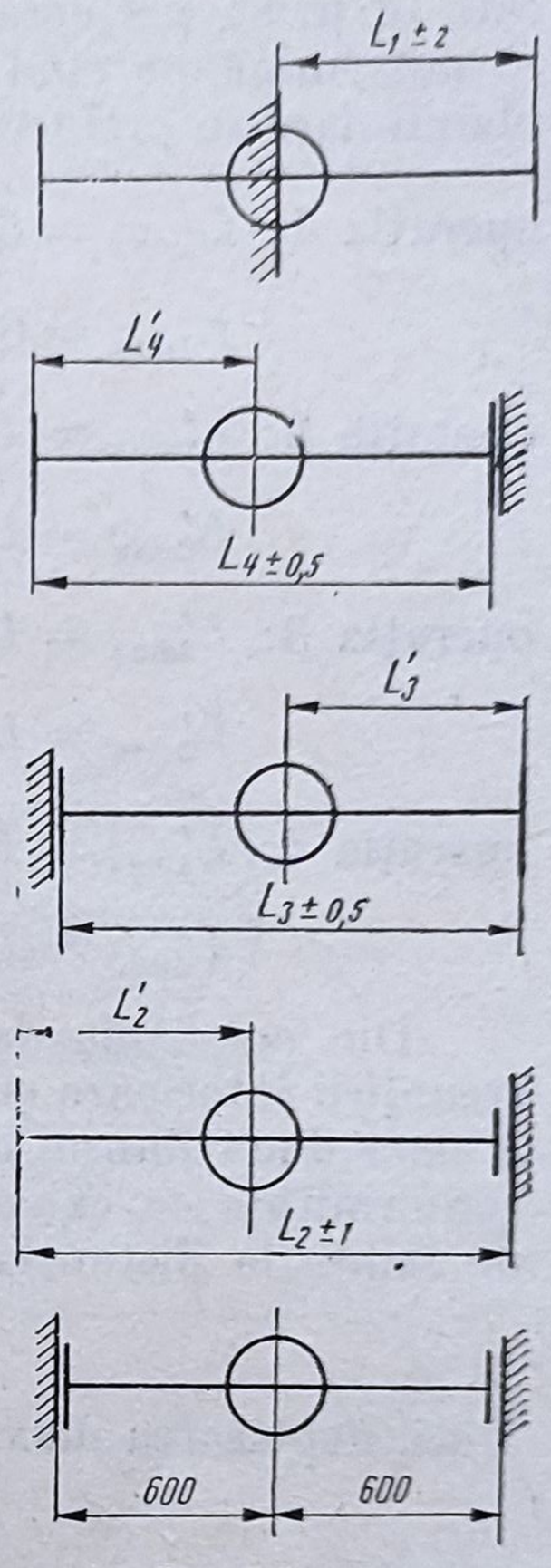


Fig. 2.9

Pentru determinarea adaosului minim necesar la suprafaţa alezajului cu diametrul de 300 mm, trebuie să se afle ce excentricitate va avea alezajul turnat în carcasă, în raport cu axa sculei de strunjit interior, care este fixată de-a lungul axei de simetrie a flanşelor, deoarece la instalarea carcasei se iau ca baze tehnologice de instalare flanşele şi carcasa se montează într-un dispozitiv cu autocentrare (v. fig. 2.10). Pentru determinarea excentricităţii rezul-

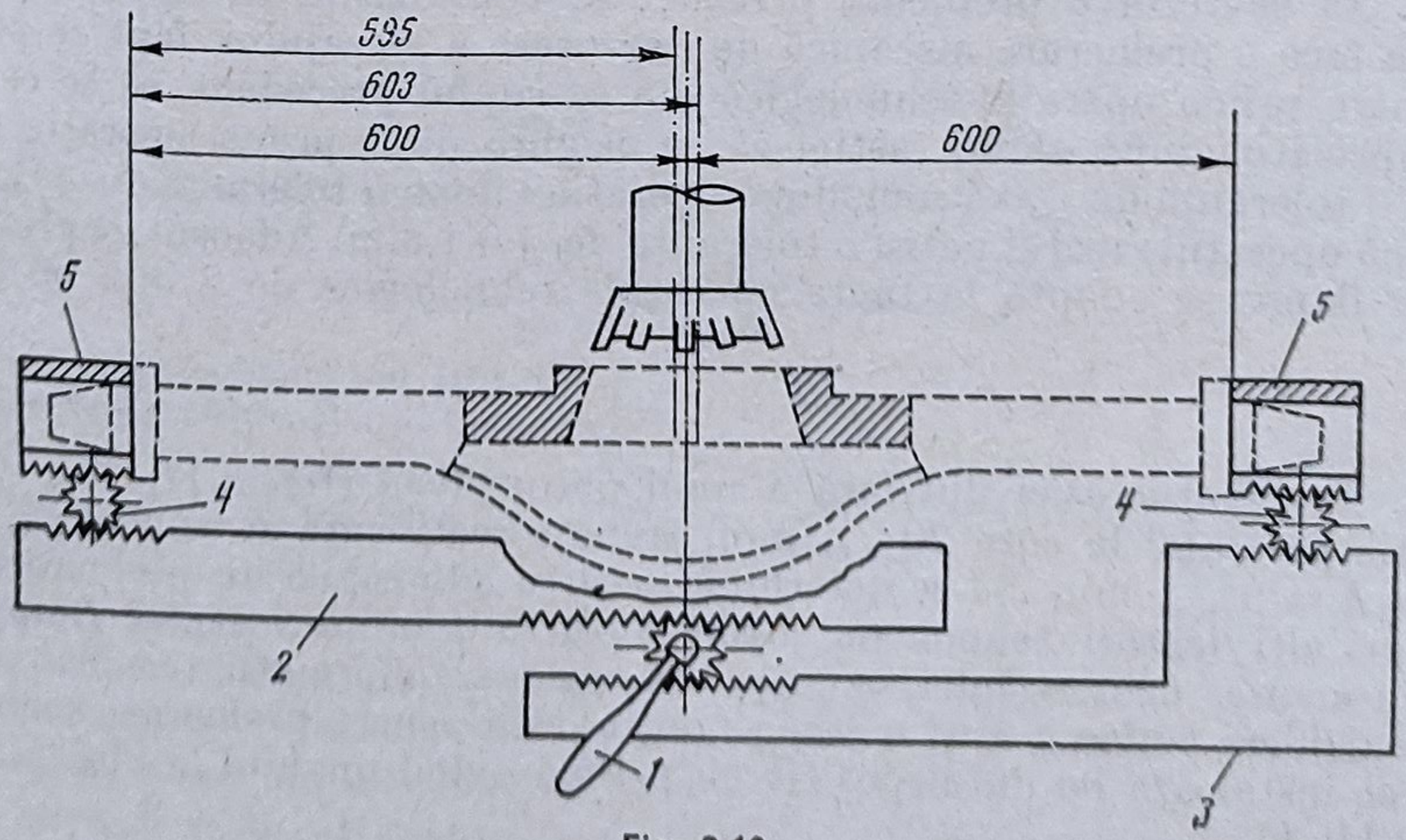


Fig. 2.10

tate în urma prelucrărilor anterioare, din schema de prelucrare (v. fig. 2.9) se determină pe rînd distanțele L'_2, L'_3 și L'_4, exprimate în mm, dintre planul care se prelucrează și axa alezajului format la turnare:

operația 1: $L_{1max} = 604 + 2 = 606$ mm

$L_{1min} = 604 - 2 = 602$ mm

operația 2: $L'_{2max} = L_{2max} - L_{1min} = 1207{,}0 - 602{,}0 = 605{,}0$ mm

$L'_{2min} = L_{2min} - L_{1max} = 1205{,}0 - 606{,}0 = 599{,}0$ mm

operația 3: $L'_{3max} = L_{3max} - L'_{2min} = 1203{,}5 - 599{,}0 = 604{,}5$ mm

$L'_{3min} = L_{3min} - L'_{2max} = 1202{,}5 - 605{,}0 = 597{,}5$ mm

operația 4: $L'_{4max} = L_{4max} - L'_{3min} = 1200{,}5 - 597{,}5 = 603{,}0$ mm

$L'_{4min} = L_{4min} - L'_{3max} = 1199{,}5 - 604{,}5 = 595{,}0$ mm.

Din condițiile de instalare a carcasei rezultă că axa sculei în timpul strunjirii interioare și deci axa alezajului strunjit se află pe axa de simetrie a celor două flanșe, adică la o distanță de 600 mm de la fiecare din ele. În conformitate cu calculele efectuate, axa alezajului turnat se poate afla față de flanșe la distanța,

$$L'_4 = 603 \ldots 595 \text{ mm}.$$

Deci, deplasarea maximă a axei de simetrie este:

$$e = 600 - 595 = 5 \text{ mm},$$

care va reprezenta tocmai adaosul de prelucrare minim necesar pe fiecare parte a alezajului, pentru ca să asigure strunjirea circulară completă a acestuia. Adaosul de prelucrare diametral va fi $2 \cdot A_c = 2 \cdot e = 10{,}0$ mm.

7. Să se rezolve problema precedentă, considerînd că după semifabricat se face o prelucrare mecanică de degroșare a alezajului, fapt ce permite ca pentru prima operație tehnologică din exemplul precedent, să se centreze semifabricatul după alezaj, astfel că se asigură după prima operație tehnologică o toleranță de $\pm 0{,}4$ mm, după operația a doua o toleranță de $\pm 0{,}2$ mm, iar după operațiile trei și patru o toleranță de $\pm 0{,}1$ mm. Adaosul de prelucrare pentru flanșe se adoptă la toate operațiile tehnologice de 2 mm pe fiecare parte.

R. $2 \cdot A_c = 2 \cdot e = 1{,}4$ mm.

8. Pe pivotul osiei din față a unui autovehicol (fig. 2.11, *a*) rectificat cilindric prealabil la cota $20_{-0,02}$ mm, trebuie rectificată o suprafață plană la cota $h = 5_{-0,05}$ mm. Să se determine eroarea admisibilă de prelucrare cauzată de alți factori tehnologici decît bazarea semifabricatului (imprecizia mașinii-unelte, uzura sculei, eroarea de reglare, deformații termice etc.) și să se calculeze cotele l, m și n care se obțin dacă pentru prelucrare semifabricatul se instalează pe un dispozitiv cu prismă avînd unghiul la vîrf $2\alpha = 60°$ (fig. 2.11, *b*).

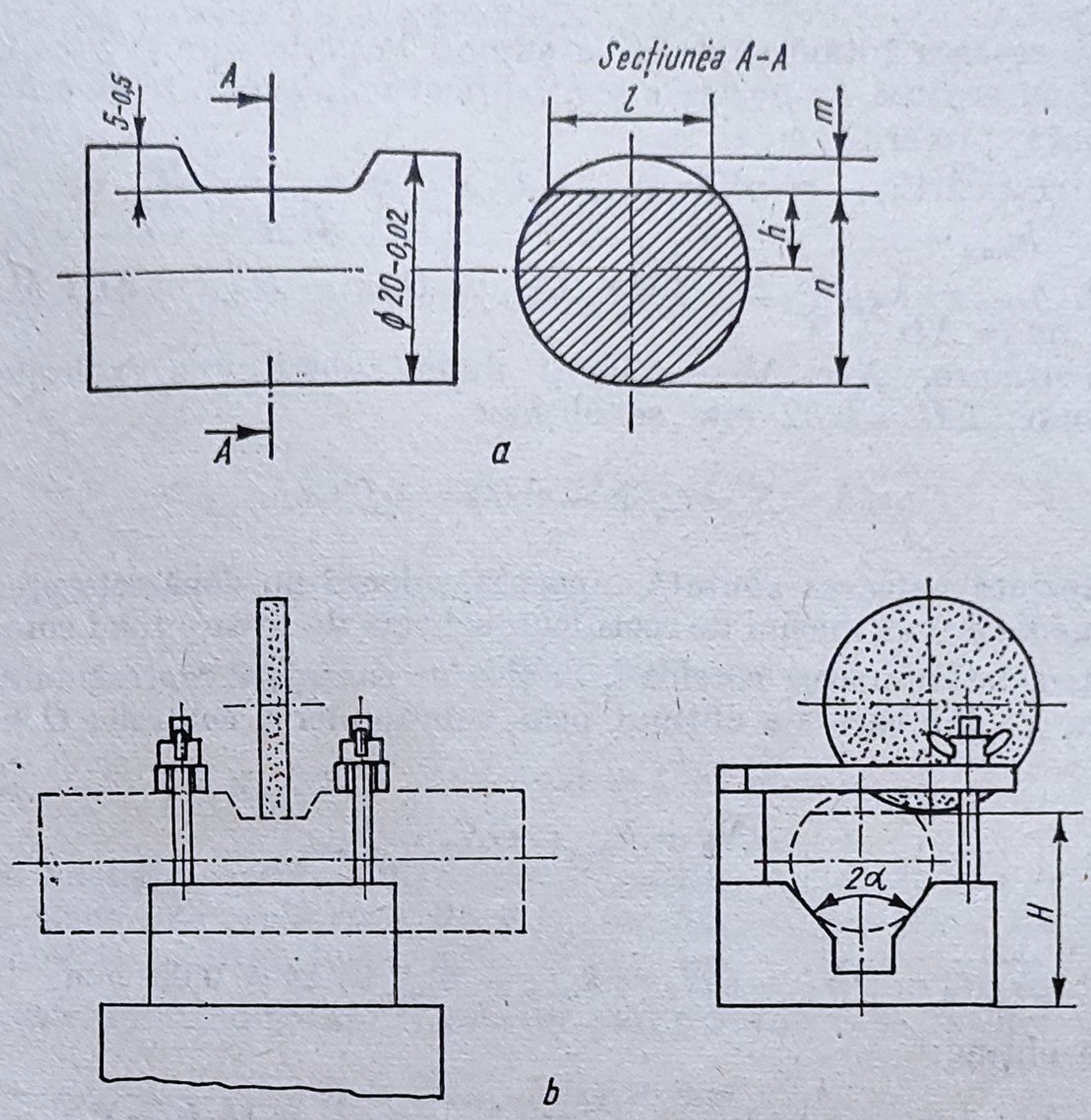


Fig. 2.11

Rezolvare. La instalarea semifabricatului pe prismă, în funcție de diametrul real al acestuia, poziția axei geometrice în secțiune circulară va fi mai sus, sau mai jos, în comparație cu poziția înălțimii constante a discului de rectificat (fig. 2.12, *a*).

Din triunghiul OKC, se obține;

$$\overline{OC} = \frac{\overline{OK}}{\sin \alpha} = \frac{D_{max}}{2 \cdot \sin 30^\circ} = D_{max}.$$

De asemenea, din triunghiul O_1K_1C se obține:

$$\overline{O_1C} = \frac{\overline{O_1K_1}}{\sin \alpha} = \frac{D_{min}}{2 \cdot \sin 30^\circ} = D_{min}.$$

Din cauza erorilor de prelucrare cauzate de diverși factori tehnologici, suprafața plană rectificată nu se va afla la o distanță constantă în raport cu planul mesei mașinii de rectificat și, în consecință, față de punctul C, ci va varia, pentru diverse piese în anumite limite între M și M_1. Distanța

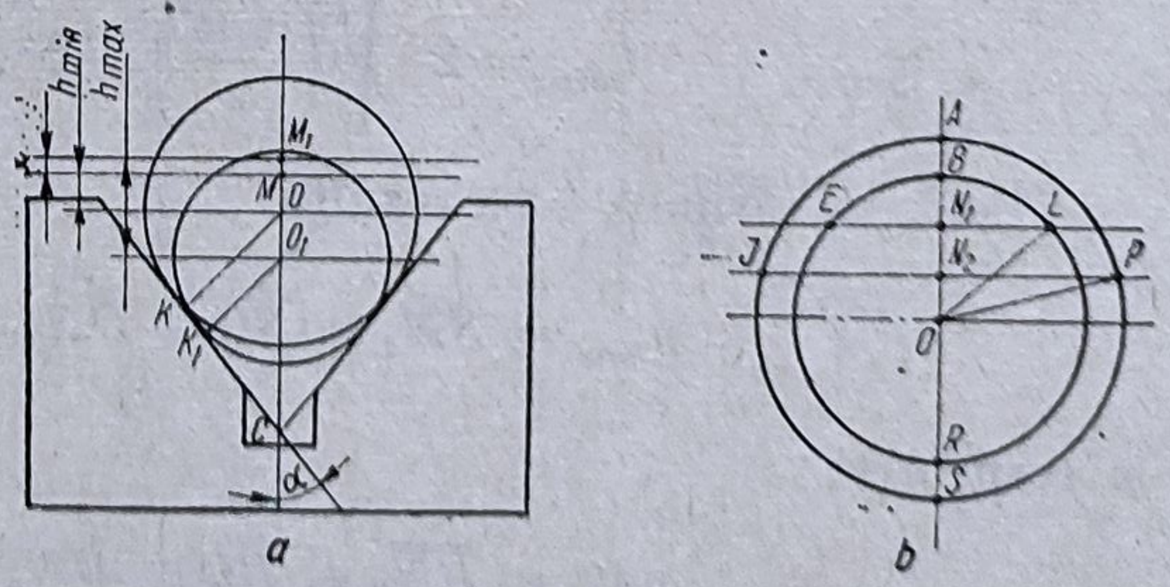


Fig. 2.12

$\overline{MM_1}$ este eroarea totală căutată ca admisă la prelucrare. Această valoare, împreună cu eroarea de bazare a semifabricatului, trebuie să fie cel mult egală cu toleranța prescrisă cotei h.

Din figura 2.12, *a*, rezultă: $h_{max} = \overline{O_1M_1}$ și $h_{min} = \overline{OM}$, de unde: $h_{max} - h_{min} = \overline{O_1M_1} - \overline{OM} = \overline{O_1O} + \overline{MM_1} + \overline{CO} - \overline{CO_1} + \overline{MM_1}$.

Însă, $h_{max} - h_{min} = \Delta h$; $\overline{CO} - \overline{CO_1} = D_{max} - D_{min} = \Delta D$; $\overline{MM_1} = X$ și atunci: $\Delta h = \Delta D + X$.

Prin urmare, $X = \Delta h - \Delta D$ și după substituirea valorilor, $\Delta h = 0{,}05$ mm; $\Delta D = 0{,}02$ mm se obține:

$$X = 0{,}05 - 0{,}02 = 0{,}03 \text{ mm}$$

care reprezintă valoarea căutată. Această valoare nu depășește precizia economică medie a unei mașini de rectificat, schema de bazare fiind corect aleasă.

Pentru determinarea cotelor l, m și n se consideră reprezentarea grafică din figura 2.12, *b* care s-a obținut prin suprapunerea centrelor O și O_1. Vom avea,

$$\overline{ON_2} = h_{min};\ \ \overline{ON_1} = h_{max},$$

de unde:

$$\overline{N_1N_2} = \overline{ON_1} - \overline{ON_2} = h_{max} - h_{min} = \Delta h = 0{,}05 \text{ mm}.$$

Astfel se obține:

$$l_{max} = \overline{JP} = 2 \cdot \overline{N_2P} = 2 \cdot \sqrt{\overline{OP}^2 - \overline{ON_2}^2} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{D_{max}}{2}\right)^2 - h_{min}^2}$$

și respectiv:

$$l_{min} = \overline{EL} = 2 \cdot \overline{N_1L} = 2 \cdot \sqrt{\overline{OL}^2 - \overline{ON_1}^2} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{D_{min}}{2}\right)^2 - h_{max}^2}.$$

După efectuarea substituțiilor rezultă:

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{20}{2}\right)^2 - 4{,}95^2} = 17{,}38 \text{ mm}$$

$$l_{min} = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{19{,}98}{2}\right)^2 - 5^2} = 17{,}24 \text{ mm}.$$

Pentru mărimea n va rezulta:

$$n_{max} = \overline{SN_1} = \overline{SO} + \overline{ON_1} = \frac{D_{max}}{2} + h_{max}$$

și respectiv:

$$n_{min} = \overline{RN_2} = \overline{RO} + \overline{ON_2} = \frac{D_{min}}{2} + h_{min}.$$

Substituind valorile numerice rezultă:

$$n_{max} = \frac{20}{2} + 5{,}00 = 15{,}00 \text{ mm}$$

$$n_{min} = \frac{19{,}98}{2} + 4{,}95 = 14{,}94 \text{ mm}.$$

Mărimea adaosului de prelucrare m, se determină astfel:

$$m_{max} = \overline{AN}_2 = \overline{AO} - \overline{ON}_2 = \frac{D_{max}}{2} - h_{min}$$

$$m_{min} = \overline{BN}_1 = \overline{BO} - \overline{ON}_1 = \frac{D_{min}}{2} - h_{max}$$

și după substituirea valorilor numerice:

$$m_{max} = \frac{20}{2} - 4{,}95 = 5{,}05 \text{ mm}$$

$$m_{min} = \frac{19{,}98}{2} - 5{,}00 = 4{,}99 \text{ mm}.$$

9. În condițiile exemplului 8, dacă precizia prelucrării la rectificarea suprafeței plane este egală cu 0,015 mm, iar $h_{max} = 5{,}00$ mm, să se determine toleranțele pentru cotele l, m, n, și h.

Rezolvare. Păstrînd notațiile din exemplul precedent, se obține:

$$X = \overline{MM}_1 = 0{,}015 \text{ mm}$$

$$\Delta h = \Delta D + X = 0{,}02 + 0{,}015 = 0{,}035 \text{ mm}$$

și întrucît, $h_{max} = 5{,}00$ mm, rezultă:

$h_{min} = h_{max} - \Delta h = 5{,}00 - 0{,}035 = 4{,}965$ mm și, respectiv, $\Delta m = 0{,}045$ mm; $\Delta l = 0{,}12$ mm; $\Delta n = 0{,}045$ mm.

10. Dacă precizia prelucrării la rectificarea suprafeței plane este de 0,015 mm și $n_{max} = 15{,}00$ mm, să se rezolve problema din exemplul 8 cu condiția ca instalarea semifabricatului să se facă pe un plan (fig. 2.13, *a*).

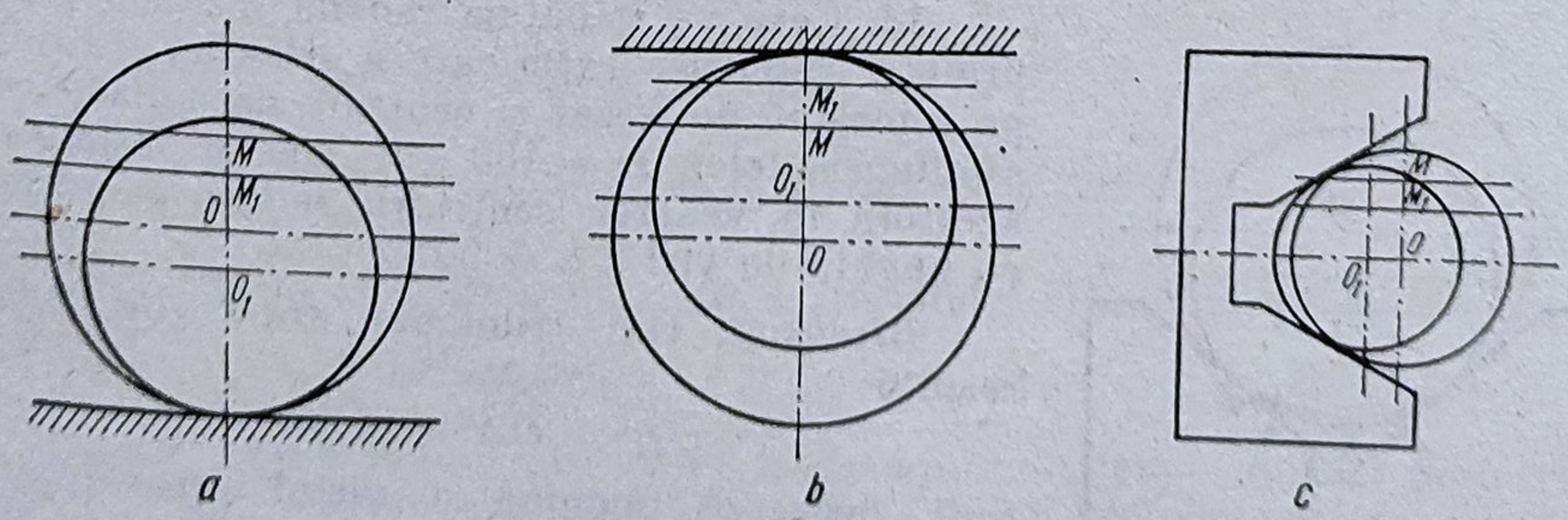


Fig. 2.13

Rezolvare. În funcție de variațiile diametrului D al pivotului, poziția centrului geometric al secțiunii transversale va varia în înălțime între O și O_1. În acest caz cota n nu va depinde de variațiile diametrului D, fiind influențată de ceilalți factori tehnologici între $n_{max} = \overline{CM}_1$ și $n_{min} = \overline{CM}$. În acest caz,

$$X = \Delta n = n_{max} - n_{min} = \overline{MM}_1 = 0{,}015 \text{ mm}.$$

Însă, întrucît $n_{max} = 15{,}00$ mm, se obține:

$$n_{min} = n_{max} - \Delta n = 15{,}00 - 0{,}015 = 14{,}985 \text{ mm și respectiv,}$$

$$\Delta h = 0{,}025 \text{ mm}; \quad \Delta l = 0{,}11 \text{ mm}; \quad \Delta m = 0{,}035 \text{ mm}.$$

11. Dacă precizia prelucrării la rectificarea suprafeței plane este 0,015 mm, iar $m_{max} = 5{,}05$ mm, să se rezolve problema din exemplul 8 cu condiția ca instalarea semifabricatului să se facă în raport cu un plan superior (fig. 2.13, *b*).

R. $\Delta m = 0{,}015$ mm; $\Delta n = 0{,}035$ mm.
$\Delta h = 0{,}025$ mm; $\Delta l = 0{,}110$ mm.

12. De asemenea, dacă precizia prelucrării la rectificarea suprafeței plane este 0,015 mm iar $h_{max} = 5{,}00$ mm, să se rezolve problema din exemplul 8 cu condiția ca instalarea semifabricatului să se facă pe o prismă cu axa de simetrie în plan orizontal cu axa semifabricatului (fig. 2.13, *c*).

Rezolvare. În funcție de variațiile diametrului D, punctul O se va deplasa de-a lungul axei prismei păstrînd distanțele OM și OM_1, care nu vor depinde de diametrul semifabricatului. Din desen rezultă $h_{max} = \overline{OM}$ și $h_{min} = \overline{OM}_1$.

În conformitate cu condițiile problemei, distanțele dinte punctele M și M_1 vor fi,

$$X = \Delta h = \overline{OM} - \overline{OM}_1 = \overline{MM}_1 = 0{,}015 \text{ mm}.$$

Însă, întrucît $h_{max} = 5{,}00$ mm rezultă: $h_{min} = h_{max} - \Delta h = 5{,}00 - 0{,}015 = 4{,}985$ mm și respectiv $\Delta m = 0{,}025$ mm; $\Delta n = 0{,}025$ mm; $\Delta l = 0{,}100$ mm.

O comparare a rezultatelor obținute după rezolvarea problemelor 9, 10, 11 și 12 se impune și se poate efectua ușor pe baza tabelului 2.3.

În funcție de precizia prescrisă piesei de prelucrat, pe baza tabelului 2,3, se poate alege metoda de instalare adecvată. Prima metodă din tabel este cea mai rațională din punctul de vedere al rezolvărilor funcționale ale echipamentului tehnologic. Dacă satisface și cerințele de precizie, în fiecare caz concret se va prefera această metodă.

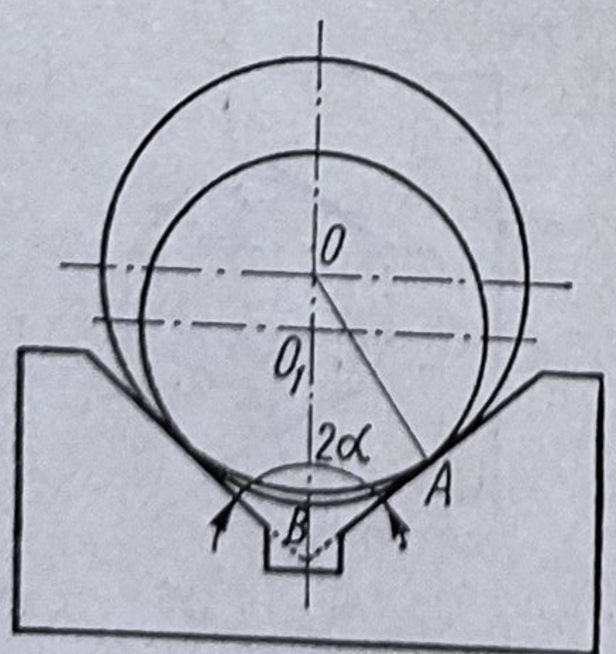


Fig. 2.14

13. Care va fi bătaia radială maximă a suprafeței cilindrice exterioare a arborilor centruiți pe o mașină de frezat și centruit, dacă diametrul semifabricatelor $D = 100 \pm 1$ mm și instalarea acestora în vederea centruirii se face pe prisme cu unghiul la vîrf $2\alpha = 90°$.

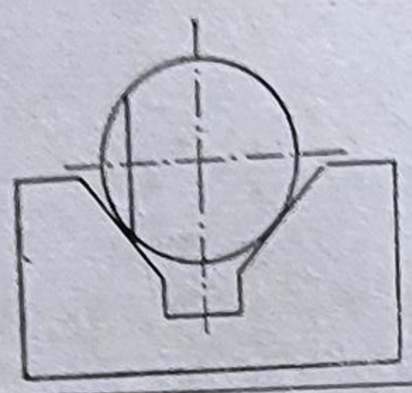
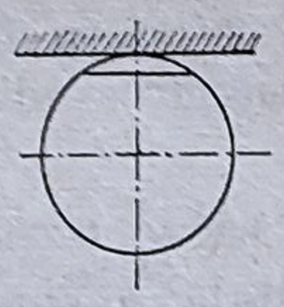
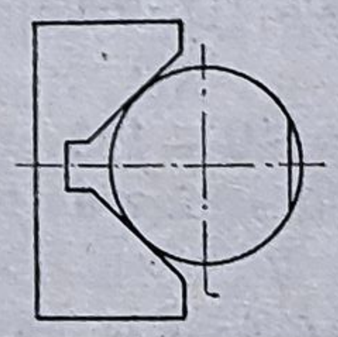
Rezolvare. Din triunghiul OAB (fig. 2.14) rezultă:

$$\overline{OB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AB}^2$$

însă, deoarece unghiul la vîrful prismei este $2\alpha = 90°$, jumătatea acestui unghi este $\alpha = 45°$

Tabelul 2.3

Rezultate comparative

Schema de bazare	Dimensiunea rezultată			
	h	*n*	*m*	*l*
	Precizia de prelucrare			
	0,035	0,045	0,045	0,12
	0,025	0,015	0,035	0,11
	0,025	0,035	0,015	0,11
	0,015	0,025	0,025	0,10

și triunghiul AOB este isoscel, de unde rezultă: $\overline{OA} = \overline{AB} = R = D_{max}/2$ și de aceea, $OB = R\sqrt{2} = \frac{D_{max}\sqrt{2}}{2}$.

În mod analog, $\overline{O_1B} = R_1\sqrt{2} = \frac{D_{min}\sqrt{2}}{2}$.

Excentricitatea maximă a centruirii va fi,

$$e = \overline{OB} - \overline{O_1B} = \frac{\sqrt{2}(D_{max} - D_{min})}{2}$$

de unde rezultă că bătaia maximă a suprafeței cilindrice exterioare va fi:

$$\delta = 2 \cdot e = \sqrt{2}(D_{max} - D_{min}) = 1,\ 41 \cdot 2 = 2,82 \text{ mm},$$

mărime de care trebuie ținut seama la determinarea adaosului de prelucrare, astfel ca la prelucrarea cilindrică exterioară toată circumferința piesei să fie așchiată.

14. Ultimele operații tehnologice de prelucrare foarte fină a unei supape de motor (fig. 2.15, *a*) sînt:

a) rectificarea părții frontale a tijei;

b) rectificarea cilindrică a tijei la diametrul $10_{-0,025}$ mm;

c) rectificarea teșiturii la un unghi de 45° pînă la cota $122 \pm 0,05$ mm de la degajare și pînă la diametrul de 40 mm pe porțiunea conică.

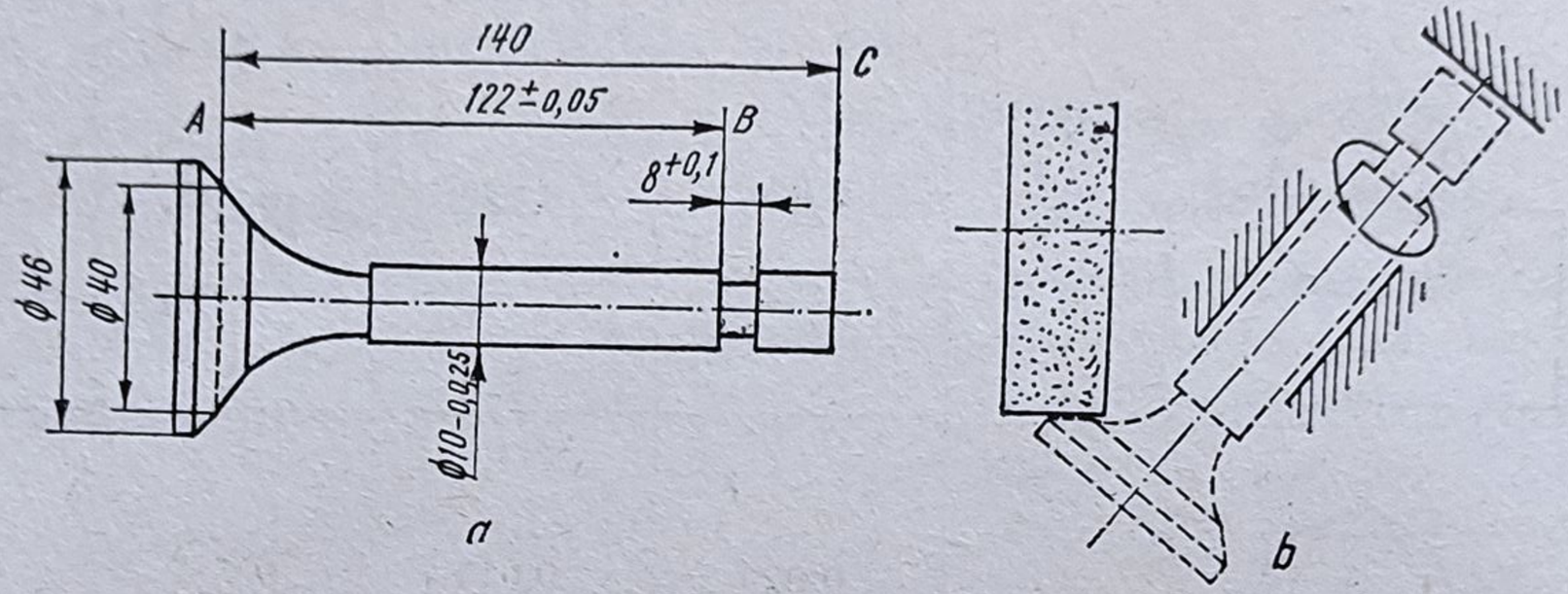


Fig. 2.15

La rectificarea teșiturii, supapa se instalează într-un dispozitiv alegînd ca bază tehnologică suprafața frontală a tijei supapei (fig. 2.15, *b*). Să se indice baza de măsurare și cota respectivă, pentru rectificarea frontală a tijei supapei, care să asigure cota prescrisă pentru rectificarea ulterioară a teșiturii.

Rezolvare. Întrucît la rectificarea teșiturii trebuie să se respecte cota $\overline{AB} = 122 \pm 0,05$ mm, rezultă că la rectificarea frontală a suprafeței C va trebui stabilită ca bază de măsurare suprafața frontală B a degajării tijei. Va trebui deci determinată cota $\overline{BC}$.

Distanța nominală $\overline{BC}$ va fi: $\overline{BC} = \overline{AC} - \overline{AB} = 140 - 122 = 18$ mm, iar toleranța cotei respective trebuie determinată, ținînd seama de toleranța cotei $\overline{AB}$, prin repartizarea acesteia între cotele $\overline{AC}$ și $\overline{BC}$.

În conformitate cu condițiile de prelucrare, considerînd că precizia economică de rectificare a teșiturii și capătului tijei este egală, se repartizează această toleranță în mod egal între cele două cote, lăsînd cîte 0,05 mm pentru fiecare cotă.

Se stabilește pentru cota $\overline{AC}$ toleranța de $+0,05$ mm, adică $\overline{AC} = 140^{+0,05}$ mm.

Pentru obținerea cotei $\overline{AB}$ cu precizia impusă, se determină cotele $\overline{BC}$. Din figura 2.15, se poate scrie:

$$\overline{AB}_{max} = \overline{AC}_{max} - \overline{BC}_{min}$$

de unde rezultă:

$$\overline{AB}_{min} = \overline{AC}_{min} - \overline{BC}_{max},$$

$$\overline{BC}_{max} = \overline{AC}_{min} - \overline{AB}_{min} = 140,00 - 121,95 = 18,05 \text{ mm},$$

$$\overline{BC}_{min} = \overline{AC}_{max} - \overline{AB}_{max} = 140,05 - 122,05 = 18,00 \text{ mm},$$

adică, cota $\overline{BC} = 18^{+0,05}$ mm.

Operațiile tehnologice la rectificarea finală vor fi în acest caz:

a) rectificarea capătului tijei supapei la cota $\overline{BC} = 18^{+0,05}$ mm;

b) rectificarea tijei cu diametrul de $10_{-0,025}$ mm;

c) rectificarea teșiturii la 45°, pînă la cota $\overline{AC} = 140^{+0,05}$ mm de la capătul tijei pînă la porțiunea conică cu diametrul de 40 mm.

Această ordine a operațiilor tehnologice, care prevede rectificarea conică a teșiturii la 45°, după rectificarea tijei supapei, asigură bătaia minimă a teșiturii în raport cu tija.

15. Un disc de ambreiaj (fig. 2.16, *a*) se strunjește frontal interior, iar apoi se rectifică plan pe ambele suprafețe frontale exterioare. Să se stabilească cotele și toleranțele tehnologice pentru aceste toleranțe.

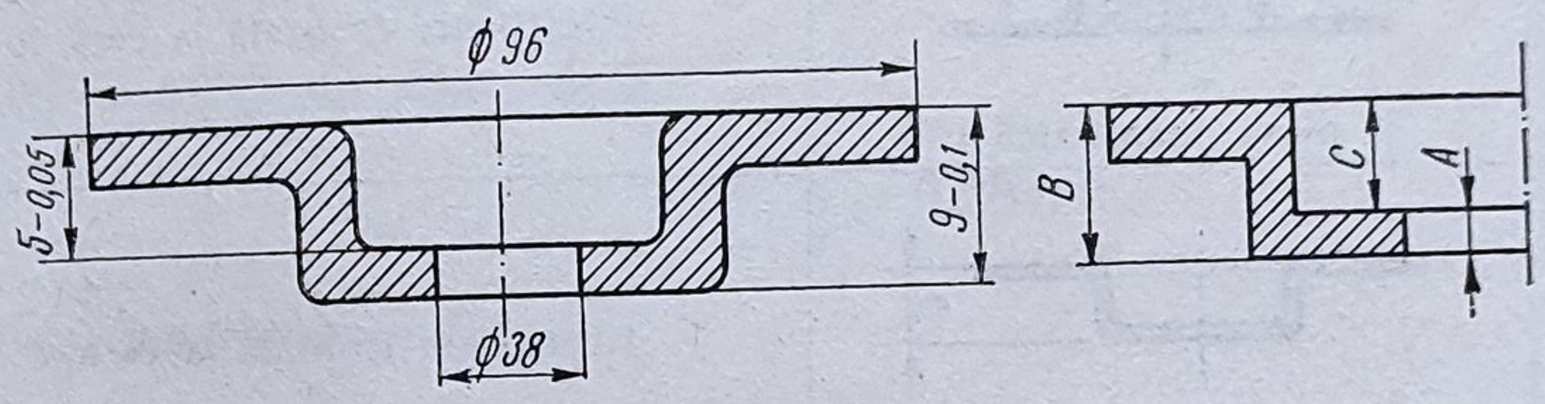


Fig. 2.16

Rezolvare. Din desen (fig. 2.16) se observă că dacă succesiunea operațiilor tehnologice ar fi:

a) strunjirea plană interioară;

b) rectificarea plană exterioară la cota $5_{-0,05}$ mm;

c) rectificare plană exterioară la cota $9_{-0,1}$ mm, nu este nevoie să se determine alte cote și alte toleranțe tehnologice, însă această succesiune a operațiilor tehnologice impune folosirea unor dispozitive complicate, cu un timp mare pentru instalarea semifabricatelor.

De aceea, devine avantajoasă rectificarea plană cu instalarea semifabricatelor pe masă magnetică și schimbarea bazelor de măsurare, care permite și rectificarea simultană a mai multor discuri de ambreiaj. Ordinea operațiilor tehnologice se prezintă în tabelul 2.4.

Pentru determinarea cotelor și toleranțelor tehnologice la dimensiunile A și B se folosește egalitatea $C = B - A$, de unde rezultă:

$$C_{max} = B_{max} - A_{min}$$

$$C_{min} = B_{min} - A_{max}$$

$$C_{max} - C_{min} = B_{max} - B_{min} + A_{max} - A_{min}$$

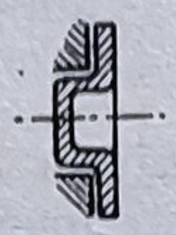
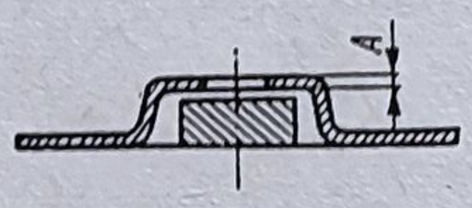
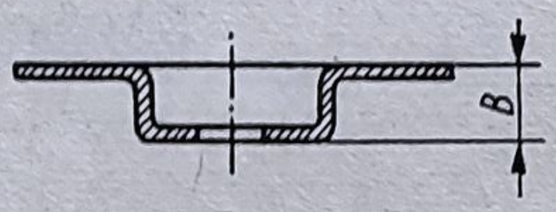
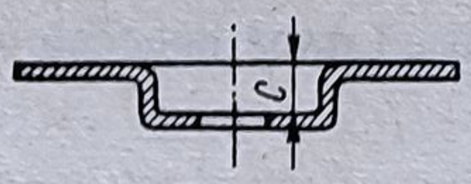
$$\Delta C = \Delta B + \Delta A,$$

adică toleranța pentru cota C este egală cu suma toleranțelor pentru cotele B și A.

Considerînd că rectificarea la cota A se poate face cu mai multă precizie decît pînă la cota B datorită unei rigidități mai bune a semifabricatului insta-

Tabelul 2.4

Succesiunea operațiilor

Nr. crt.	Schița de prelucrare	Conținutul operației tehnologice
1		Strunjire plană interioară
2	 masă magnetică	Rectificare frontală la cota A
3	 masă magnetică	Rectificare frontală la cota B
4		Controlul calității la cota $C = 5{,}00_{-0{,}05}$ mm

lat la operația respectivă, repartizăm toleranța $\Delta C = 0{,}05$ mm astfel că $\Delta A = 0{,}02$ mm și $\Delta B = 0{,}03$ mm.

În conformitate cu desenul din figura 2.16,

$$A = B - C = 9 - 5 = 4 \text{ mm}$$

și considerînd $A_{max} = 4$ mm, rezultă:

$$A_{min} = A_{max} - \Delta A = 4{,}00 - 0{,}02 = 3{,}98 \text{ mm}.$$

De asemenea:

$$B_{max} = C_{max} + A_{max} = 5{,}00 + 4{,}00 = 9{,}00 \text{ mm}$$

$$B_{min} = C_{min} + A_{min} = 4{,}95 + 3{,}98 = 8{,}93 \text{ mm},$$

care se află în limitele toleranței inițiale $9{,}00_{-0{,}1}$ mm.

Așadar, succesiunea corectă a operațiilor tehnologice este prezentată în tabelul 2.4, la cotele și toleranțele determinate mai înainte.

16. La un lot de piese cilindrice cu diametrul $D = 30 \pm 0{,}2$ mm (fig. 2.17) se prelucrează la un capăt o suprafață plană prin frezare. Dacă eroarea de prelucrare cauzată de toți ceilalți factori tehnologici, cu excepția bazării, este de $\pm 0{,}10$ mm, să se determine posibilitatea respectării toleranței de

$\pm$ 0,15 mm dacă s-ar folosi ca dimensiuni de control cotele a, b sau c. Unghiul la vîrf al prismei este $2\alpha = 90°$.

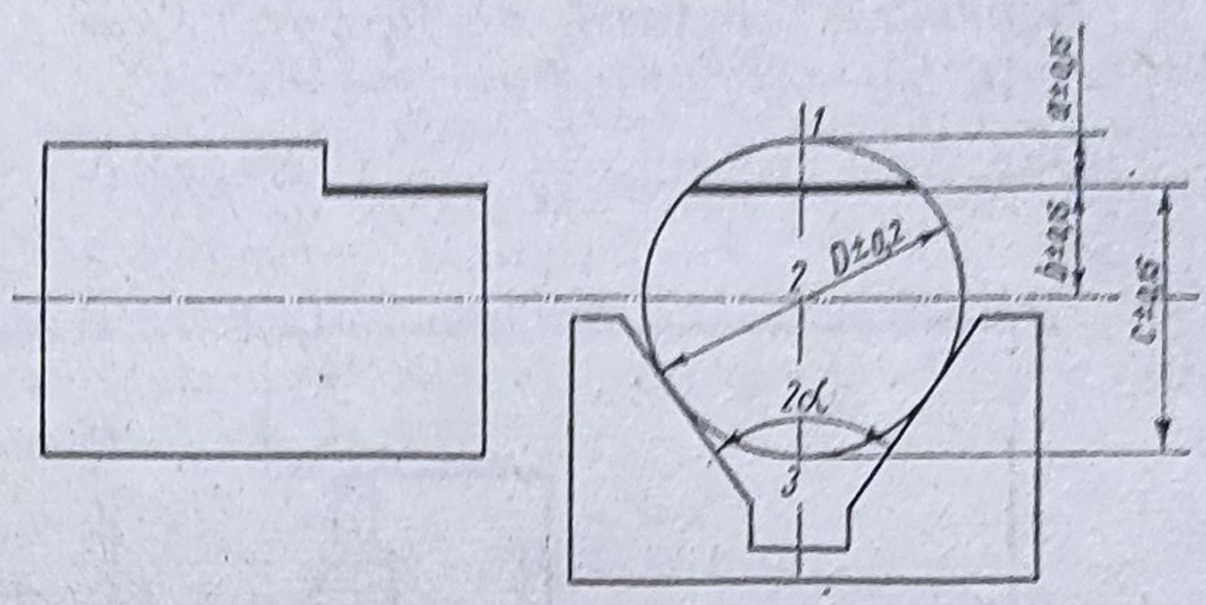


Fig. 2.17

Rezolvare. În conformitate cu notaţiile de calcul prezentate în tabelul 2.1, eroarea de bazare pentru cele trei baze de măsurare sînt:

Pentru generatoarea *1*,

$$\varepsilon_b = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\ \alpha} + 1\right) = \frac{0{,}4}{2}\left(\frac{2}{\sqrt{2}} + 1\right) = 0{,}484\ \text{mm}.$$

Pentru centrul de simetrie 2,

$$\varepsilon_b = \frac{T_D}{2 \cdot \sin\ \alpha} = \frac{0{,}4 \cdot 2}{2 \cdot \sqrt{2}} = 0{,}28\ \text{mm}.$$

Pentru generatoarea 3,

$$\varepsilon_b = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\ \alpha} - 1\right) = \frac{0{,}4}{2}\left(\frac{2}{\sqrt{2}} - 1\right) = 0{,}084\ \text{mm}.$$

Eroarea totală de prelucrare va fi:

— în primul caz: $\varepsilon_t = \sqrt{0{,}484^2 + 0{,}2^2} = 0{,}5196$;

— în al doilea caz: $\varepsilon_t = \sqrt{0{,}28^2 + 0{,}2^2} = 0{,}3464$;

— în al treilea caz: $\varepsilon_t = \sqrt{0{,}084^2 + 0{,}2^2} = 0{,}2236$.

Se observă că în primul şi al doiea caz nu se asigură precizia de prelucrare necesară. De fapt în primul caz chiar şi numai eroarea de bazare depăşeşte toleranţa prescrisă dimensiunii de obţinut.

17. În condiţiile exemplului precedent, să se determine posibilităţile asigurării obţinerii cotei C la o precizie de prelucrare în limitele $\pm$ 0,1 mm.

Rezolvare. Se observă că în noile condiţii, precizia prescrisă cotei de obţinut în urma prelucrării mecanice este egală cu posibilităţile de precizie ale sistemului tehnologic, cu excepţia erorii de bazare. Va trebui aleasă deci o schemă de bazare care să asigure coinciderea bazei de măsurare cu o bază tehnologică de instalare, întrucît în aceste condiţii eroarea de bazare este egală cu zero. Se adoptă în acest caz o schemă de bazare ca la poziţia 9 din tabelul 2.1, cînd pentru cota C eroarea de bazare este zero.

18. În figura 2.18 sînt prezentate două variante de bazare a unei plăci în trepte, pentru prelucrarea planului ei superior $a - a$. În prima variantă s-a prevăzut folosirea a trei reazeme fixe pentru planul $b - b$ şi a unui reazem cu autoreglare în planul B. În cea de a doua variantă bazarea se face după o schemă mai simplă, pe trei reazeme fixe. Să se determine dacă cea de a doua variantă, care este mai simplu de folosit în practică, se poate utiliza în cazul cînd abaterea maximă de la paralelismul planului $a - a$, în raport cu planul $b - b$, este de 30′. Distanţa între reazeme este $L = 100$ mm; înălţimea pragului $h = 15^{+0{,}5}$ mm.

Rezolvare. Abaterea de la paralelism a suprafeței $a - a$ în raport cu suprafața $b - b$, va fi: $\beta = \gamma - \alpha$.

Dar: $\gamma = \text{arc sin} \frac{h + T}{\sqrt{h^2 + L^2}}$ și respectiv : $\alpha = \text{arc tg} \frac{h}{L}$.

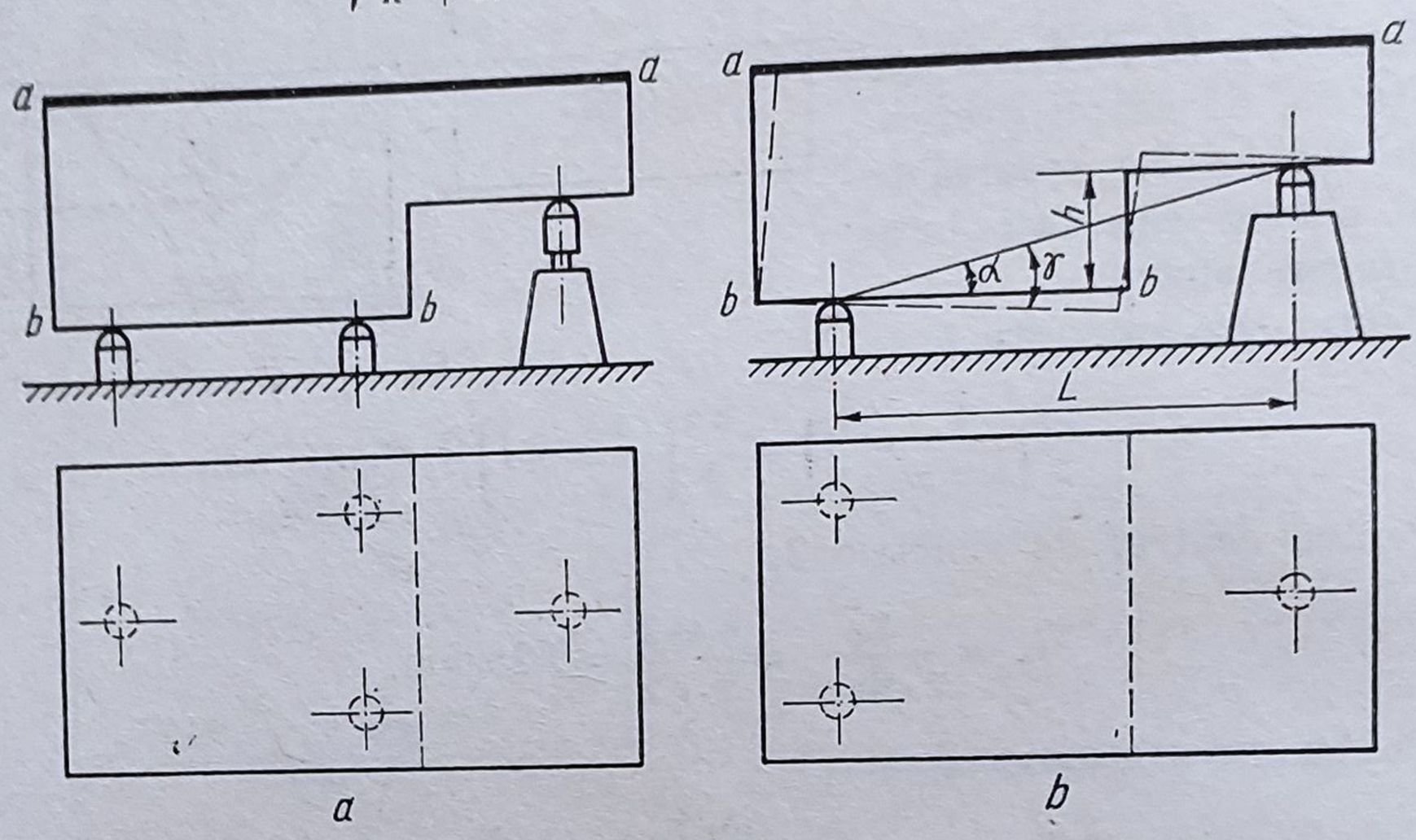


Fig. 2.18

Substituind valorile numerice rezultă,

$$\beta = \text{arc sin} \frac{15 + 0{,}5}{\sqrt{15^2 + 100^2}} - \text{arc tg} \frac{15}{100} \approx 15',$$

ceea ce confirmă că din punctul de vedere al preciziei de prelucrare la condițiile tehnice impuse, se poate folosi cea de a doua schemă de bazare pentru instalarea semifabricatului.

19. La prelucrarea mecanică pe un strung semiautomat cu mai multe scule simultan (fig. 2.19), pe căruciorul din spate sînt instalate două cuțite de strunjit plan care asigură strunjirea frontală a treptei cu diametrul maxim la cota *a*. Dacă semifabricatul este instalat între vîrfuri fixe pe găuri de centrare executate cu burghiu combinat B14 STAS 1114-72/Rp4 pe mașini de frezat și centruit, să se determine precizia maximă ce se poate obține pentru cota *b*, în ipoteza că asupra acesteia influențează numai eroarea de bazare.

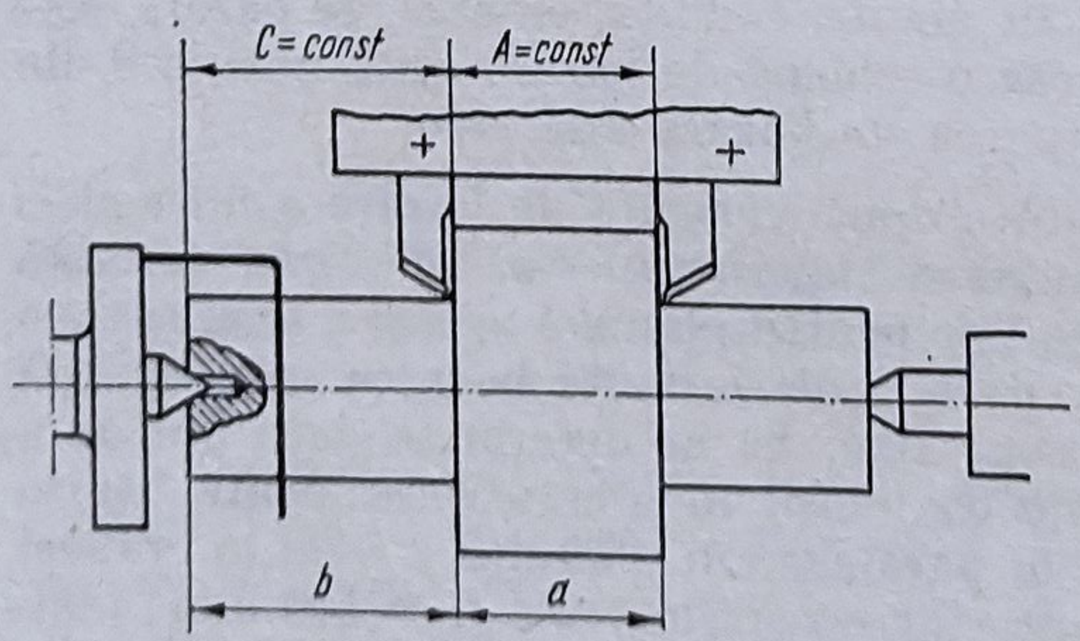


Fig. 219

Rezolvare. Intrucît centruirea semifabricatelor se face pe mașini de frezat și centruit, putem considera că găurile de centrare se fac la aceeași adîncime și deci nu afectează bazarea mai spre dreapta sau stînga a suprafeței frontale din capătul din stînga al arborelui supus prelucrării. Însă, burghiile de centruit B14, con-

form STAS 1114-72, se fac cu o toleranţă la diametrul maxim al conului de 60° de 0,15 mm şi în acest caz arborii executaţi cu diametrul maxim al conului de 60° se vor deplasa cu suprafaţa de capăt din stînga spre păpuşa fixă, iar cei executaţi cu diametrul minim al conului de 60° se vor deplasa cu suprafaţa de capăt din stînga spre păpuşa mobilă. Dacă considerăm că asupra preciziei dimensiunii b influenţează numai eroarea de bazare, din figura 2.20 rezultă că precizia maximă va fi:

$$\varepsilon_b = \frac{T_D}{2\operatorname{tg}\alpha/2} = \frac{0{,}15}{2\ \operatorname{tg}\ 30°} = \frac{0{,}15}{2 \cdot 0{,}57735} = 0{,}1299 \text{ mm}.$$

20. În condiţiile exemplului precedent, să se analizeze posibilitatea asigurării pentru dimensiunea b a unei abateri dimensionale sub 0,1 mm.

Rezolvare. Şi în acest caz se poate considera că asupra preciziei dimensiunii b influenţează numai eroarea de bazare. Or, din exemplul precedent se observă că eroarea de bazare depăşeşte valoarea de 0,1 mm şi ca atare trebuie schimbată schema de bazare.

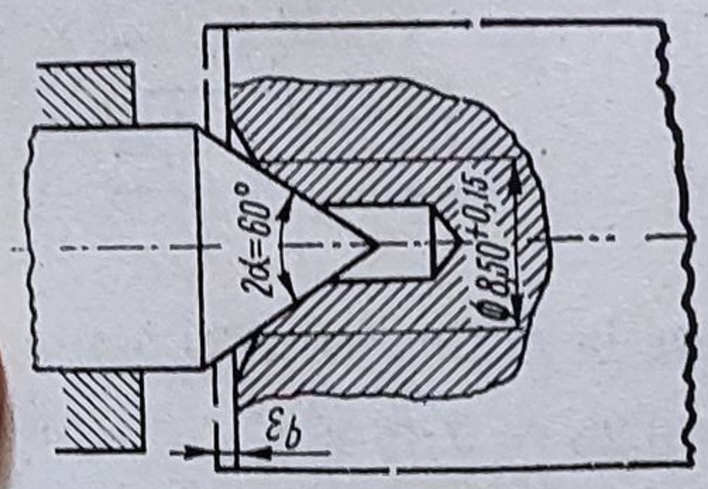


Fig. 2.20

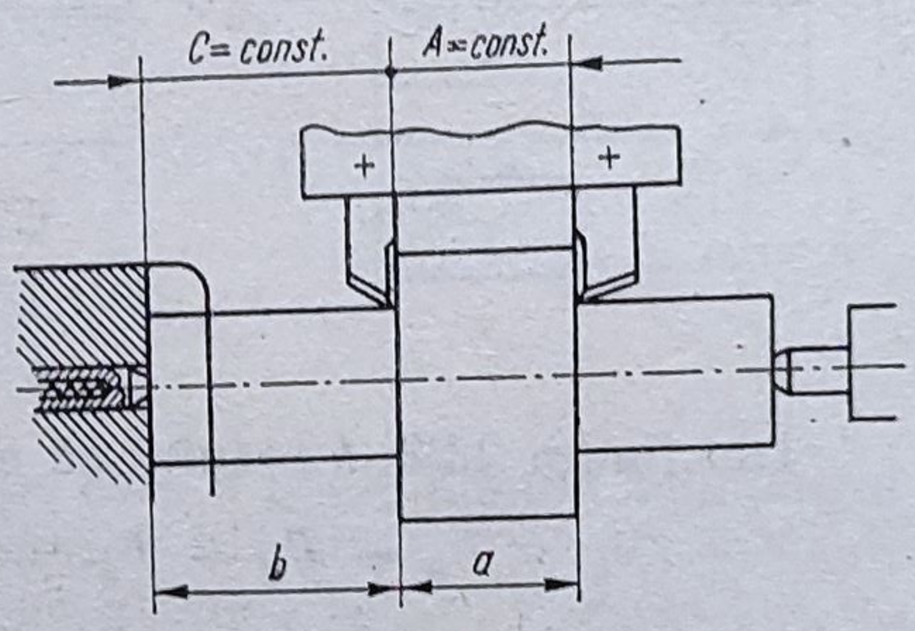


Fig. 2.21

Dacă se adoptă pentru instalarea semifabricatului schema de bazare din figura 2.21 cu dorn de centrare mobil spre păpuşa fixă, se observă că $\varepsilon_b = 0$ şi ca atare, eroarea de prelucrare pentru dimensiunea b poate fi redusă sub 0,1 mm, teoretic la zero.

21. Se supune prelucrării mecanice prin frezare, cu freze frontale, suprafeţele plane ale bosajelor carcasei din figura 2.22 la cotele a, b şi h. Cunoscînd că precizia de prelucrare a sistemului tehnologic, determinată de toţi ceilalţi factori tehnologici cu excepţia bazării este de 0,10 mm şi că toleranţele $T_A = T_B = 0{,}15$ mm, să se determine precizia maximă ce se poate obţine în urma prelucrării bosajelor la cotele a, b şi h dacă se folosesc ca baze tehnologice suprafaţa inferioară a carcasei şi una din suprafeţele laterale k sau l.

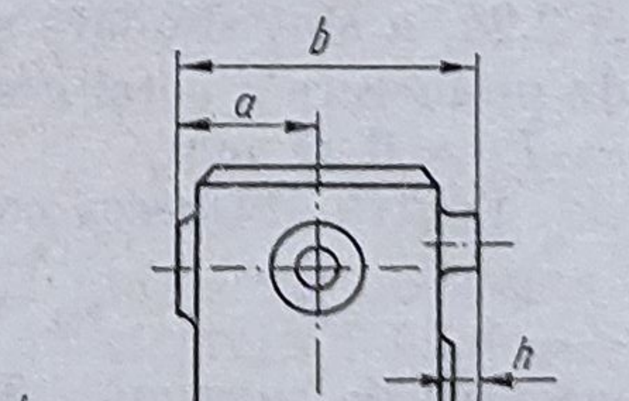


Fig. 2.22

Rezolvare. Se adoptă la început traseul tehnologic din figura 2.23 de unde se observă că pentru obţinerea cotei a se folosesc ca baze tehnologice suprafaţa inferioară a carcasei şi suprafaţa laterală k fig. 2.23, a), iar pentru obţinerea cotelor b şi h se

folosesc ca baze tehnologice suprafaţa inferioară a carcasei şi suprafaţa laterală *l* (fig. 2.23, *b* şi *c*).

Din figura 2.23, *a* rezultă că eroarea de bazare la obţinerea cotei *a* este:

$$\varepsilon_a = T_A = 0{,}15 \text{ mm}$$

şi deci precizia maximă va fi: $T_a = \varepsilon_b + 0{,}10 = 0{,}15 + 0{,}10 = 0{,}25$ mm.

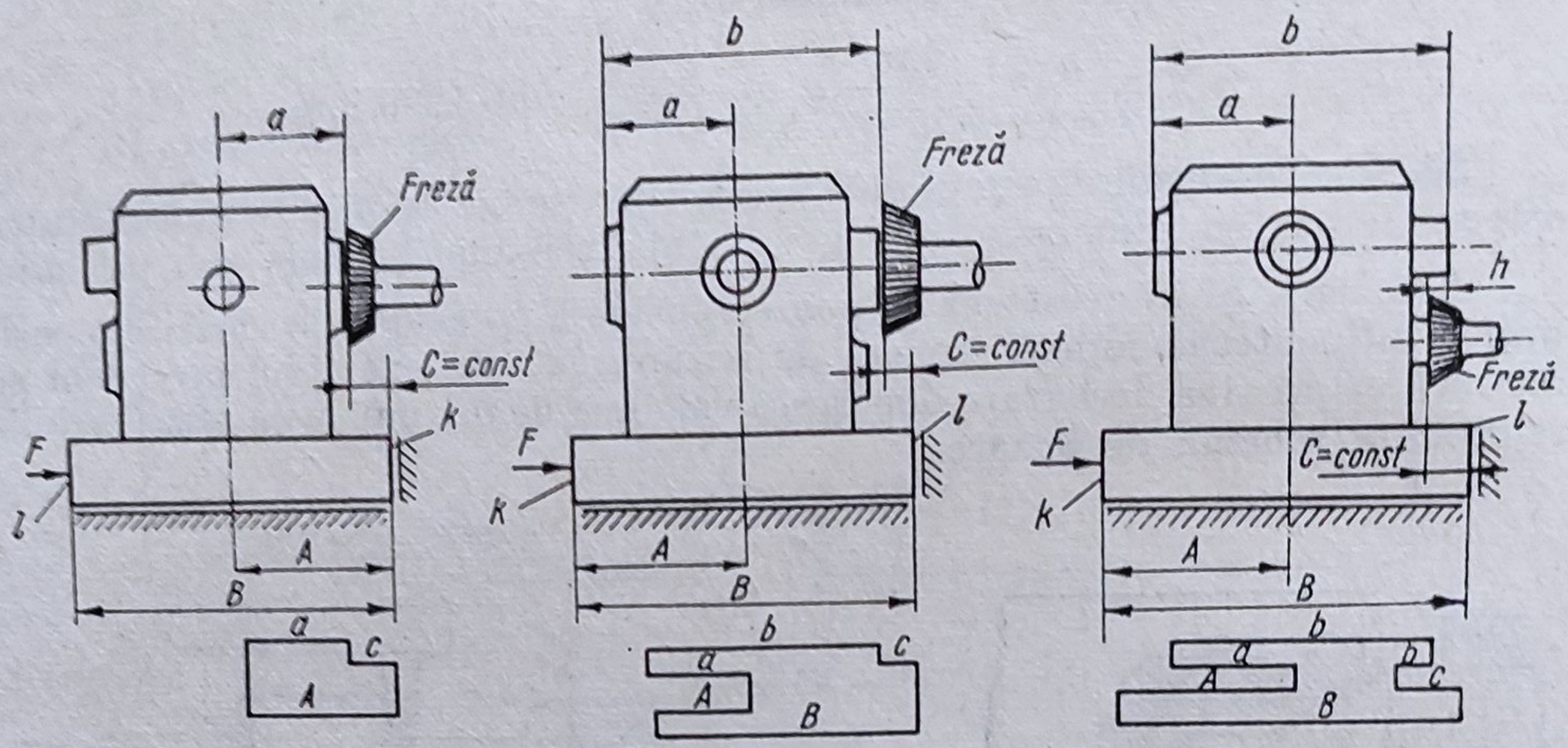


Fig. 2.23

Din figura 2.23, *b* rezultă că eroarea de bazare la obţinerea cotei *b* este:

$$\varepsilon_b = T_B + T_A + T_a = 0{,}15 + 0{,}15 + 0{,}25 = 0{,}55 \text{ mm}$$

şi deci precizia maximă va fi: $T_b = \varepsilon_b + 0{,}10 = 0{,}55 + 0{,}10 = 0{,}65$ mm.

De asemenea, din figura 2.23, *c* se observă că eroarea de bazare la obţinerea cotei *h* este:

$$\varepsilon_h = T_B + T_A + T_a + T_b = 0{,}15 + 0{,}15 + 0{,}25 + 0{,}65 = 1{,}20 \text{ mm}$$

şi deci precizia maximă va fi: $T_h = \varepsilon_h + 0{,}10 = 1{,}20 + 0{,}10 = 1{,}30$ mm.

Se elaborează însă o a doua variantă tehnologică prezentată în figura 2.24 din care rezultă că se menţin aceleaşi baze tehnologice la prelucrarea tuturor cotelor *a*, *b* şi *h* şi anume, suprafaţa inferioară a carcasei şi suprafaţa laterală *k*.

În ce priveşte obţinerea cotei *a*, schemele de prelucrare din figura 2.23, *a* şi 2.24, *a* sînt similare şi deci atît eroarea de bazare, cît şi precizia maximă de prelucrare a cotei *a* sînt aceleaşi $\varepsilon_{a1} = \varepsilon_a = 0{,}15$ mm şi respectiv $T_{a1} = T_a = 0{,}25$ mm.

Pentru obţinerea cotei *b* (fig. 2.24, *b*), eroarea de bazare va fi:

$$\varepsilon_{b1} = T_A + T_a = 0{,}15 + 0{,}25 = 0{,}40 \text{ mm},$$

iar precizia maximă: $T_{b1} = \varepsilon_{b1} + 0{,}10 = 0{,}40 + 0{,}10 = 0{,}50$ mm.

Pentru obţinerea cotei *h* (fig. 2,24, *c*), eroarea de bazare va fi:

$$\varepsilon_{h1} = T_A + T_a + T_b = 0{,}15 + 0{,}25 + 0{,}40 = 0{,}80 \text{ mm}$$

iar precizia maximă:

$$T_{h1} = \varepsilon_{h1} + 0{,}10 = 0{,}80 + 0{,}10 = 0{,}90 \text{ mm}.$$

Rezultă că cea de a doua variantă asigură o precizie mai mare la obținerea cotelor b și h decît prima variantă tehnologică.

22. Dacă precizia economică medie de prelucrare mecanică pe o mașină de frezat este 0,1 mm, să se determine schema de bazare reală astfel ca să fie posibilă prelucrarea mecanică a piesei din figura 2.25 la cota $20^{+0,15}$ mm.

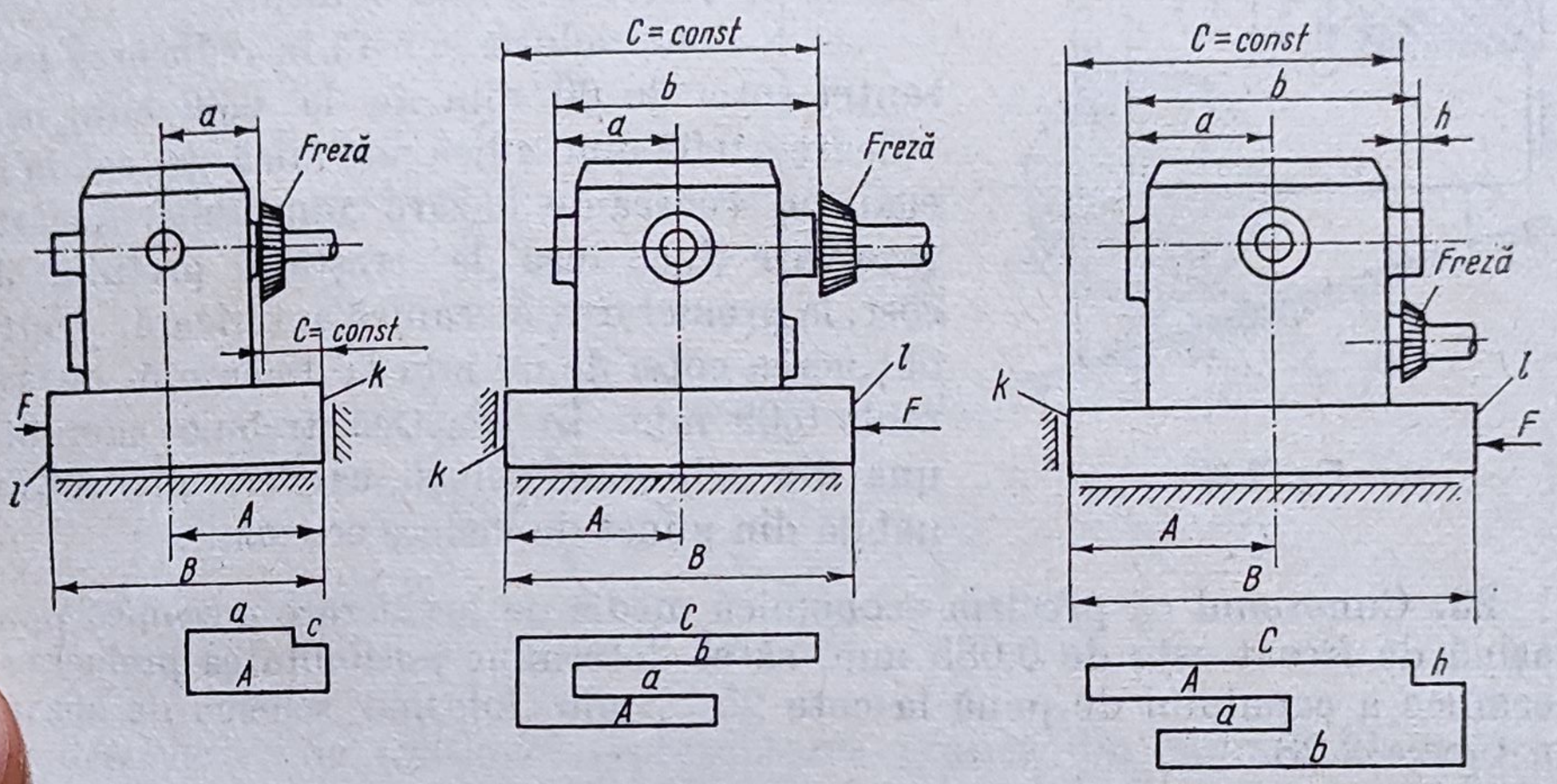


Fig. 2.24

Rezolvare. O primă schemă de bazare pe care o poate adopta tehnologul este cea prezentată în figura 2.26, care permite o instalare simplă a semifabricatului cu rezolvări constructiv-funcționale simple pentru dispozitivul de instalare. Însă, trebuie verificată posibilitatea realizării preciziei de $20^{+0,15}$ mm pe sistemul tehnologic, la care se observă că se folosește ca bază tehnologică de instalare suprafața *1* și bază tehnologică de măsurare suprafața *2*. Pentru

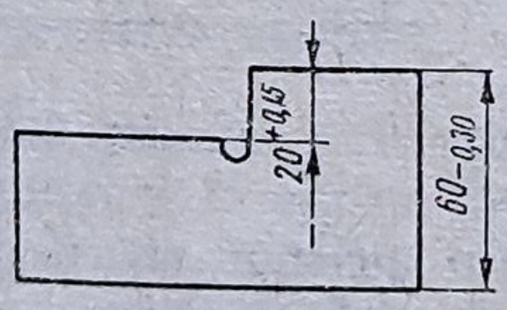


Fig. 2.25

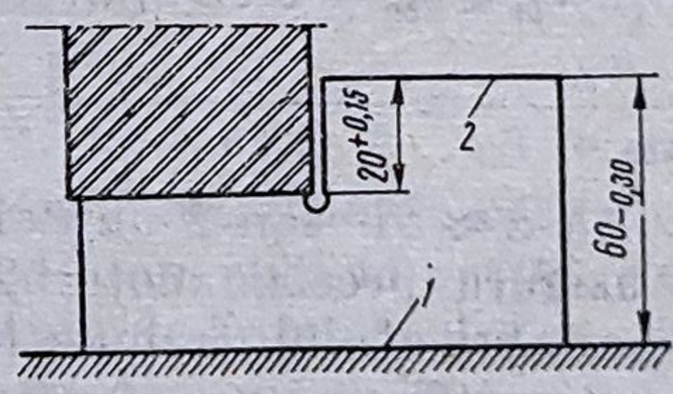


Fig. 2.26

aceasta, se determină eroarea de bazare admisibilă cu relația :

$\varepsilon_{ba} = T - W = 0{,}15 - 0{,}1 = 0{,}05$ mm, în care T reprezintă toleranța dimensiunii de realizat, iar W — precizia de prelucrare a sistemului tehnologic cu excepția influenței erorii de bazare. Rezultă că pentru a se putea realiza precizia prescrisă dimensiunii de obținut este necesar ca eroarea de bazare reală $\varepsilon_{br} \leqslant \varepsilon_{ba} = 0{,}05$ mm.

Însă, se observă din figura 2.26 că eroarea de bazare reală este $\varepsilon_{br} = 0{,}30$ mm, deci $\varepsilon_{br} > \varepsilon_{ba}$. Ca atare, trebuie analizată posibilitatea reducerii erorii de bazare.

O primă posibilitate o constituie stabilirea unei scheme de bazare în care suprafaţa 2 să fie folosită şi ca bază tehnologică de instalare (fig. 2.27), în care caz $\varepsilon_{br} = 0$. Însă, această rezolvare duce la complicarea soluţiilor constructiv-funcţionale ale echipamentului tehnologic, pentru instalarea semifabricatului şi deci la creşterea costului acestuia.

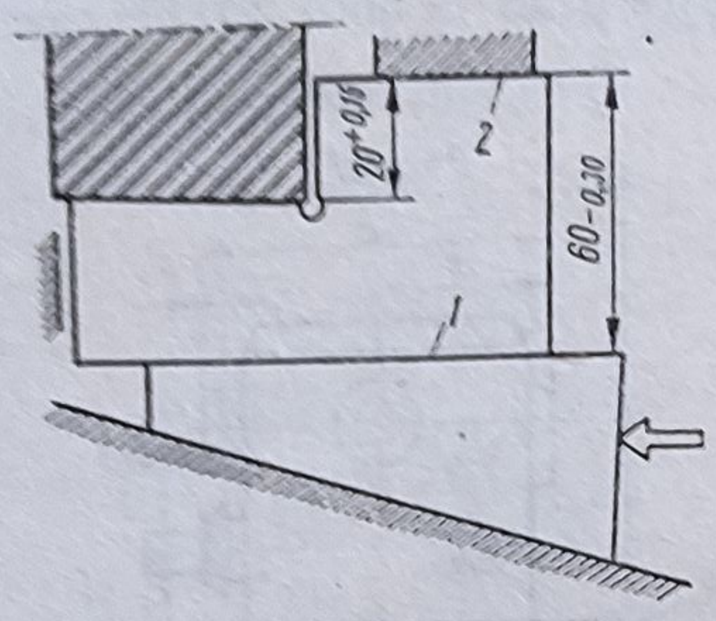


Fig. 2.27

O a doua soluţie constă în reducerea toleranţei cotei de 60 mm de la 0,30 mm, la o valoare $\leqslant 0{,}05$ mm, adică mai mică sau cel mult egală cu eroarea de bazare admisibilă. Această rezolvare duce însă la creşterea preţului de cost, la prelucrarea mecanică anterioară, pentru obţinerea cotei de 60 mm la toleranţă de cel mult 0,05 mm. În practică trebuie adoptată una din cele două soluţii, care este mai convenabilă din punct de vedere economic.

23. Cunoscînd că precizia economică medie de prelucrare mecanică pe o maşină de frezat este de 0,085 mm, să se determine posibilitatea prelucrării mecanice a canalului de pană la cota $25_{-0,1}$ mm, folosind schema de bazare din figura 2.28.

Rezolvare. Ca şi în cazul precedent, eroarea de bazare admisibilă va fi:

$$\varepsilon_{ba} = T - W = 0{,}1 - 0{,}085 = 0{,}015 \text{ mm}.$$

Pentru schema de bazare din figura 2.28, eroarea de bazare reală va fi:

$$\varepsilon_{br} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\alpha} - 1\right).$$

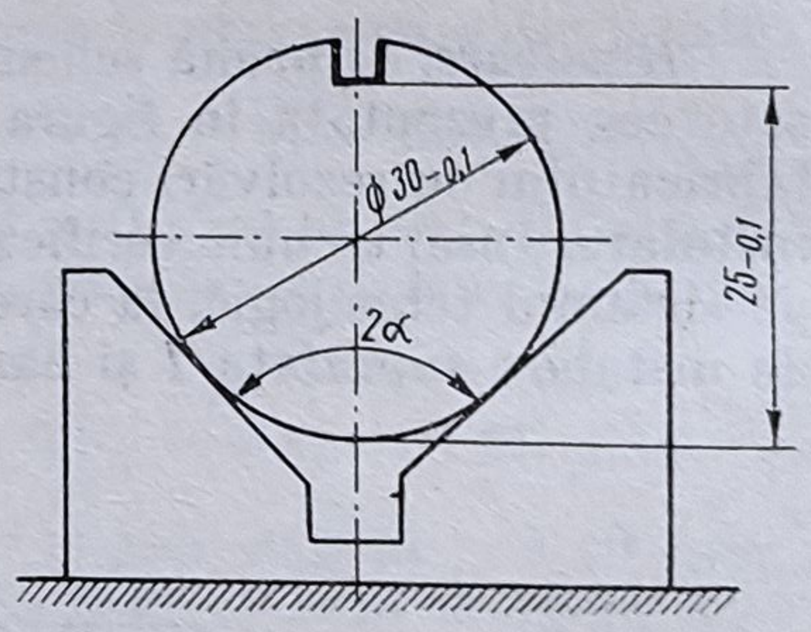


Fig. 2.28

Cunoscînd eroarea de bazare admisibilă, pentru condiţia $\varepsilon_{br} \leqslant \varepsilon_{ba} = 0{,}05$ mm, este necesar,

$$\sin\alpha \geqslant \frac{T_D}{2 \cdot \varepsilon_{ba} + T_D} = \frac{0{,}1}{2 \cdot 0{,}015 + 0{,}1} = 0{,}76923,$$

de unde rezultă $\alpha \approx 51°$ sau $2 \cdot \alpha = 102°$. Deci, pentru a se asigura precizia cotei $25_{-0,1}$ mm, instalarea semifabricatului trebuie făcută pe o prismă cu unghiul la vîrf $2 \cdot \alpha$ de cel puţin 102°. Se va adopta unghiul la vîrf al prismei $2 \cdot \alpha = 120°$ pentru care eroarea de bazare reală va fi:

$$\varepsilon_{br} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin 60°} - 1\right) = \frac{0{,}1}{2}\left(\frac{1}{0{,}866} - 1\right) = 0{,}0067 \text{ mm},$$

deci mult mai mică decît eroarea de bazare admisibilă.

24. Un arbore conic cu lungimea de 200 mm, diametru mic $d_1 = 80$ mm şi conicitatea la vîrf $2 \cdot \alpha = 20°$ este supus prelucrării prin rectificare. Rectificarea se face cu avans longitudinal pe o maşină de rectificat cilindric exterior cu înclinarea corespunzătoare în plan orizontal a axei de rotaţie a semifabricatului în raport cu axa de rotaţie a discului abraziv care

are un diametru $D = 400$ mm. Să se determine abaterea de formă maximă a suprafeței conice dacă pentru prelucrare semifabricatul a fost instalat cu axa de rotație mai sus cu 1,5 mm decît axa de rotație a discului abraziv.

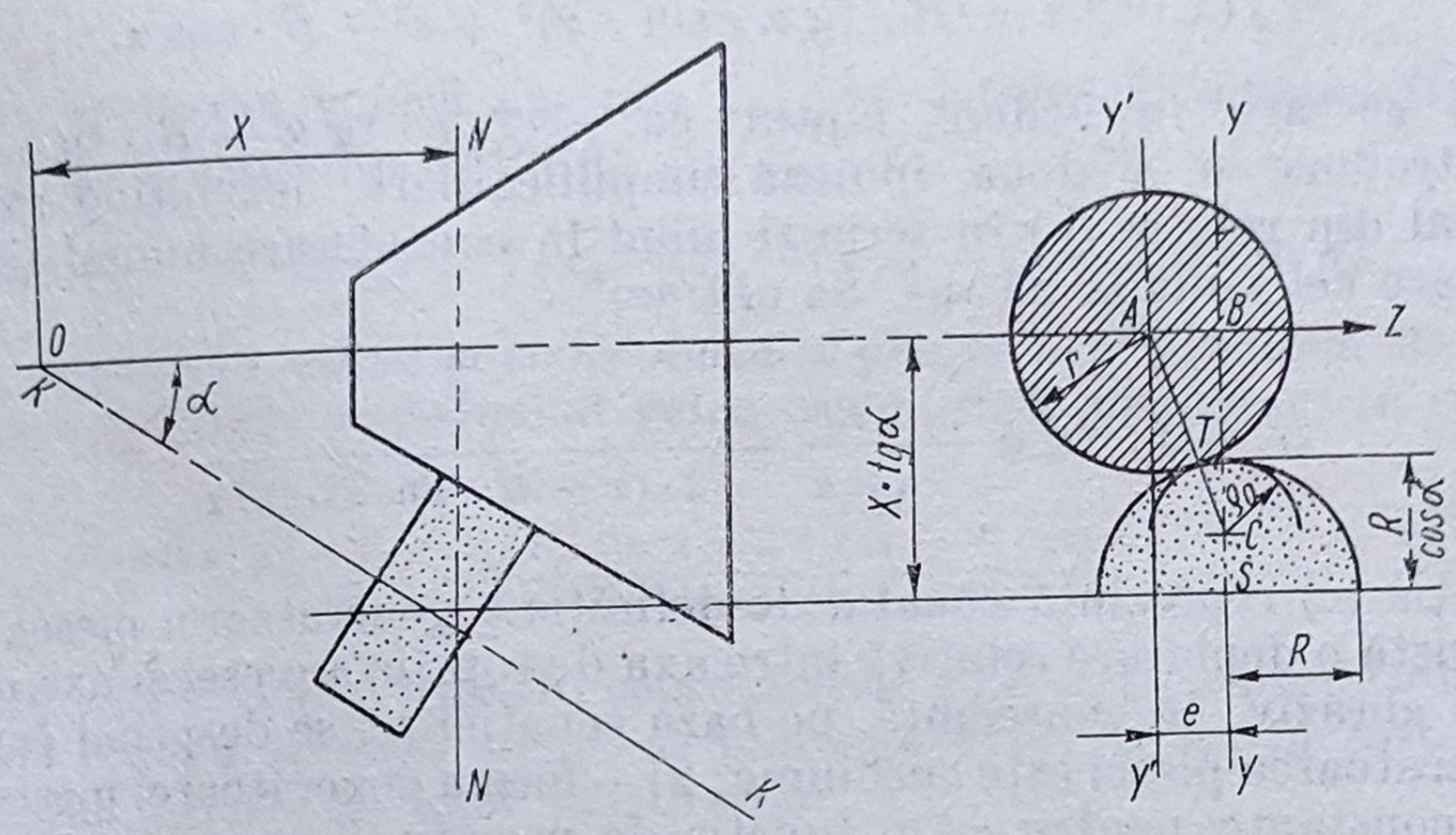


Fig. 2.29

Rezolvare. Se consideră reprezentarea grafică din figura 2.29 în care se prezintă în două proiecții, poziția reciprocă a discului abraziv și piesei de prelucrat. Axa de rotație a discului abraziv $\overline{kk}$ este înclinată în plan orizontal cu unghiul α în raport cu axa de rotație a piesei $\overline{xx}$, ambele perpendiculare pe axa $\overline{zz}$. Ca origine a coordonatelor se consideră punctul O de intersecție a axei piesei $\overline{xx}$ cu proiecția axei $\overline{kk}$ pe planul $y'y'$, care trece prin axa piesei.

În secțiunea $\overline{NN}$, perpendiculară pe axa piesei și dispusă la o distanță oarecare x de originea coordonatelor, conturul discului abraziv apare sub forma unei elipse, a cărei ecuație în sistemul de coordonate yy și zz este,

$$\frac{z^2}{R^2} + \frac{y^2}{\left(\frac{R}{\cos \alpha}\right)^2} = 1. \qquad \text{(a)}$$

În aceeași secțiune conturul piesei este limitat de un cerc cu rază necunoscută r, tangent la elipsă. Punctul T de tangență al acestui cerc cu elipsa se află între planele yy și $y'y'$. Deci, distanța de la punctul T la planul yy este mai mică decît deplasarea e. Această constatare permite să se facă o primă ipoteză simplificatoare și anume, să se înlocuiască arcul de elipsă din apropierea punctului T cu un arc de cerc, a cărei rază ρ_0 este egală cu raza de curbură a elipsei după axa yy. Raza de curbură a elipsei poate fi calculată cu ajutorul relației:

$$\rho = \frac{\left(1 + \frac{dy}{dz}\right)^{3/2}}{\frac{dy^2}{dz^2}}.$$

Diferențiind de două ori ecuația (a) și substituind în expresiile obținute coordonatele $z = 0$ și $y = R/\cos \alpha$, se obțin $\rho_0 = R \cdot \cos \alpha$.

Raza piesei va fi dată de relaţia:

$$r = \overline{AC} - \overline{TC} = \sqrt{\overline{AB}^2 + (\overline{BS} - \overline{CS})^2} - \rho_0 =$$

$$= \sqrt{(x \cdot \operatorname{tg}\alpha - R \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin \cdot \alpha)^2 + e^2} - R \cdot \cos\alpha. \qquad (b)$$

Dacă se are în vedere faptul că, $e \lll x \cdot \operatorname{tg}\alpha - R \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\alpha$, se poate introduce o a doua ipoteză simplificatoare, dezvoltînd expresia de sub radical din relaţia (b) în serie şi luînd în considerare numai termenii în care e apare cel mult la pătrat. Se obţine:

$$r = x \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{R}{\cos\alpha} + \frac{e^2}{2 \cdot (x - R \cdot \sin\alpha) \cdot \operatorname{tg}\alpha}. \qquad (c)$$

Ecuaţia (c) reprezintă ecuaţia de definiţie a generatoarei piesei, în cazul în care există o deplasare relativă între axa de rotaţie a piesei şi axa de rotaţie a discului abraziv. În consecinţă, pe baza ecuaţiei (c) se desprind concluziile: 1) — generatoarea piesei este curbilinie; 2) — forma generatoarei piesei variază, la valori constante pentru α, în funcţie de variaţia diametrelor extreme ale piesei şi diametrul discului abraziv; 3) — diametrul piesei, într-o anumită secţiune, variază pe măsura uzurii discului abraziv, chiar dacă este prevăzută o compensare automată a acesteia în timpul lucrului.

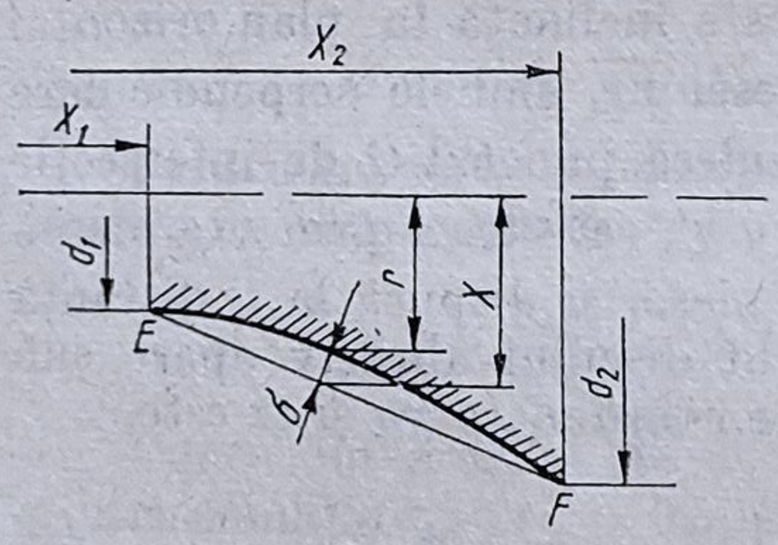


Fig. 2.30

În figura 2.30 este reprezentat profilul real al generatoarei piesei. Considerînd coordonatele x_1y_1 şi x_2y_2 pentru punctele extreme E şi respectiv F, se scrie ecuaţia dreptei care trece prin aceste puncte:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}. \qquad (d)$$

Conform ecuaţiei (c),

$$y_2 = x_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{R}{\cos\alpha} + \frac{e^2}{2 \cdot (x_2 - R \cdot \sin\alpha) \cdot \operatorname{tg}\alpha}$$

respectiv,

$$y_1 = x_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{R}{\cos\alpha} + \frac{e^2}{2 \cdot (x_1 - R \cdot \sin\alpha) \cdot \operatorname{tg}\alpha}$$

şi substituindu-le în ecuaţia (d) rezultă:

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \cdot \alpha - \frac{R}{\cos\alpha} + \frac{e^2}{2(x_2 - x_1)}\left(\frac{x - x_1}{x_2 - R \cdot \sin\alpha} + \frac{x_2 - x}{x_1 - R \cdot \sin\alpha}\right). \qquad (e)$$

Dacă se scade din ultima relaţie, relaţia (c), se obţine abaterea de la rectiliniitate în secţiunea perpendiculară pe axa piesei:

$$y - r = \frac{e^2}{2(x_2 - x_1) \cdot \operatorname{tg}\alpha}\left(\frac{x - x_1}{x_2 - R \cdot \sin\alpha} + \frac{x_2 - x}{x_1 - R \cdot \sin\alpha} - \frac{x_2 - x_1}{x - R \cdot \sin\alpha}\right).$$

Abaterea pe direcție normală la generatoare va fi,

$$\delta = (y - r)\cos\alpha = \frac{e^2 \cdot \cos\alpha}{2(x_2 - x_1) : \operatorname{tg}\alpha}\left(\frac{x - x_1}{x_2 - R \cdot \sin\alpha} + \frac{x_2 - x}{x_1 - R \cdot \sin\alpha} - \frac{x_2 - x_1}{x - R \cdot \sin\alpha}\right) \tag{f}$$

Pentru obținerea valorii maxime δ_{max} se derivează ecuația (f) și după anularea primei derivate rezultă:

$$x_m = R \cdot \sin\alpha + \sqrt{(x_2 - R \cdot \sin\alpha) \cdot (x_1 - R \cdot \sin\alpha)} \tag{g}$$

în care x_m reprezintă valoarea coordonatei x pentru care abaterea de la rectiliniitate este maximă. Introducînd valoarea obținută pentru x_m în ecuația (f) rezultă,

$$\delta_{max} = \frac{e^2 \cdot \cos\alpha\,[x_2 + x_1 - 2 \cdot R \cdot \sin\alpha - 2\sqrt{(x_2 - R \cdot \sin\alpha) \cdot (x_1 - R \cdot \sin\alpha)}]}{2 \cdot (x_2 - R \cdot \sin\alpha) \cdot (x_1 - R \cdot \sin\alpha) \cdot \operatorname{tg}\alpha} \tag{h}$$

Pentru a înlocui în relația (h) coordonatele x_1 și x_2 cu valorile diametrelor d_1 și d_2 ale bazelor conului piesei, se folosește expresia (c) în care se neglijează ultimul termen ca fiind foarte mic:

$$\frac{d_2}{2} \approx x_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{R}{\cos\alpha} \tag{i}$$

$$\frac{d_1}{2} \approx x_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha - \frac{R}{\cos\alpha}$$

După substituirea acestor valori în ecuația (h) și după transformări, rezultă:

$$\delta_{max} = \frac{e^2 \cdot \cos\alpha\,[d_2 + d_1 + 2 \cdot D \cdot \cos\alpha - 2\sqrt{(d_2 + D \cdot \cos\alpha) \cdot (d_1 + D \cdot \cos\alpha)}]}{(d_2 + D \cdot \cos\alpha) \cdot (d_1 + D \cdot \cos\alpha)} \tag{j}$$

Substituind valorile numerice din datele problemei: $d_1 = 80$ mm; $\cos\alpha = \cos 10' = 0{,}98481$; $d_2 = d_1 + 2 \cdot L \cdot \operatorname{tg} 10' = 80 + 2 \cdot 200 \cdot 0{,}17633 = 150{,}532$ mm; $D = 400$ mm; $e = 1{,}5$ mm în relația (j) rezultă: $\delta_{max} = 0{,}02$ μm.

25. În condițiile exemplului precedent să se determine abaterea de formă maximă a suprafeței conice dacă prelucrarea mecanică se face prin strunjire.

R. $\delta_{max} = 2{,}13$ μm.

26. Să se determine abaterea de formă maximă la prelucrarea mecanică a unui alezaj conic prin rectificare cu avans longitudinal și înclinarea corespunzătoare a axei de rotație a semifabricatului și axa de rotație a discului abraziv. Alezajul are diametrul mic $d_1 = 80$ mm, diametrul maxim $d_2 = 150$ mm și lungimea axială $L = 50$ mm, iar discul abraziv are diametrul $D = 50$ mm și este instalat cu axa de rotație mai jos cu 2 mm decît axa de rotație a semifabricatului.

R. $\delta_{max} = 15{,}96$ μm

27. În condițiile exemplului precedent, să se determine abaterea de formă maximă dacă prelucrarea mecanică se face prin strunjire.

R. $\delta_{max} = 2{,}13$ μm.

28. Să se determine mărimea abaterilor semiunghiurilor profilului filetului trapezoidal al unui șurub conducător cu pasul $P = 6$ mm; diametrul interior $d_i = 23$ mm și diametrul exterior $d_e = 30$ mm prelucrat prin strunjire, dacă suprafața profilată a cuțitului a fost instalată cu 0,5 mm sub linia vîrfurilor de centrare.

Rezolvare. Pentru a determina influența instalării incorecte a suprafeței profilate a cuțitului, asupra preciziei de profil a filetului, considerăm procesul teoretic de generare a profilului elicoidal al filetului prelucrat.

Suprafața elicoidală a filetului reprezintă o suprafață elicoidală Arhimede, care se formează printr-o mișcare de rotație cu translație uniformă a unei generatoare drepte ce trece prin axa piesei de filetat și este înclinată cu un unghi egal cu semiunghiul filetului (fig. 2.31). Prin urmare, în cazul folosirii cuțitelor normale cu muchii aschietoare rectilinii și cu unghi la vîrf egal cu unghiul profilului filetului, pentru exactitatea instalării lor este necesar ca suprafața profilată a cuțitului să se găsească în planul axial H al șurubului de prelucrat și muchiile laterale ale cuțitului să formeze unghiul $\alpha/2$ cu planul perpendicular pe axa șurubului (fig. 2.31).

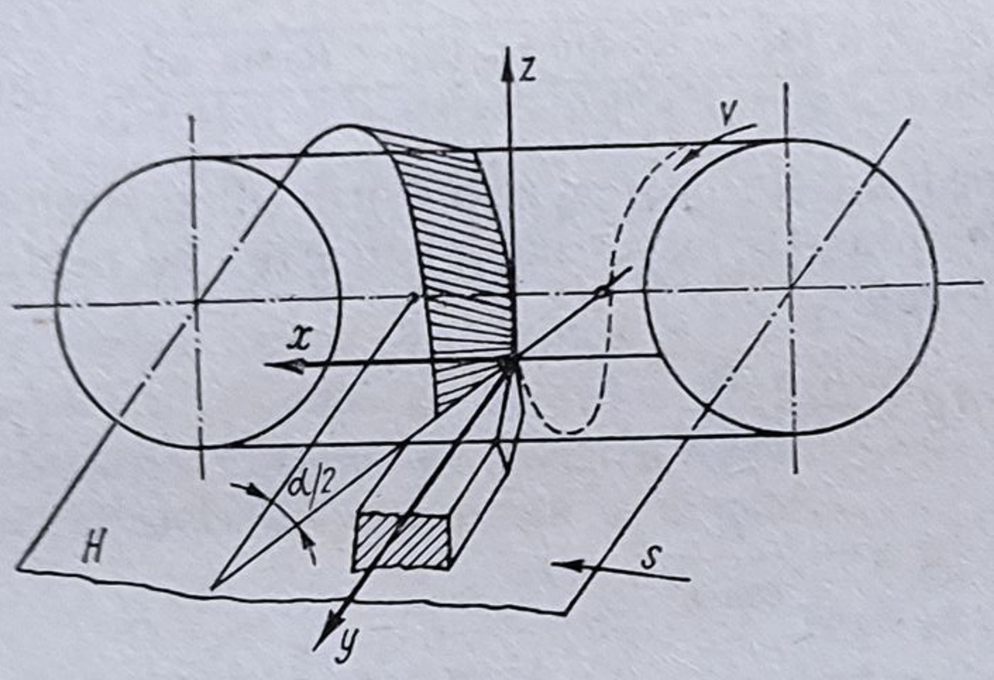


Fig. 2.31

Pentru a determina poziția incorectă a cuțitului, în raport cu semifabricatul, se consideră triedrul xyz, cu originea în vîrful cuțitului (x cu sens pozitiv în direcția avansului de lucru la filetarea șuruburilor cu filet pe dreapta).

În cazul deplasării suprafeței profilate a cuțitului în lungul axei z, cuțitul va copia profilul său rectiliniu nu în planul axial al șurubului, ci într-un plan situat mai sus sau mai jos, la distanța Δz. Ca urmare a acestei deplasări, nu se va obține suprafața elicoidală cerută, ci se va realiza un șurub fără sfîrșit, convolut oarecare, cu raza cilindrului de bază egală cu Δz. O astfel de suprafață elicoidală nu are contur rectiliniu în secțiunea axială. Practic, mărimea acestei abateri se poate neglija, deoarece este foarte mică (fig. 2.32).

Considerînd că profilul filetului rămîne rectiliniu, se pot determina, cu o precizie suficientă, mărimile limită de deplasare a și b. Pentru aceasta se consideră spira desfășurată a filetului, pe lungimea de un pas (fig. 2.33).

Din figura 2.32 rezultă:

$$\operatorname{tg}\ \omega = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot r_i} = \frac{a}{r_i \cdot \varphi_1},$$

$$\text{de unde: } a = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi_1 \cdot \frac{r_i'}{r_i}.$$

Însă, $r_i = r_i' \cdot \cos \varphi_1$ și dacă se consideră $\cos \varphi_1 \approx 1$, adică $r_i' \approx r_i$, rezultă:

$$a = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi_1$$

În mod analog, $b = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot \varphi_2$

și întrucît $\varphi_2 < \varphi_1$, rezultă: $b < a$.

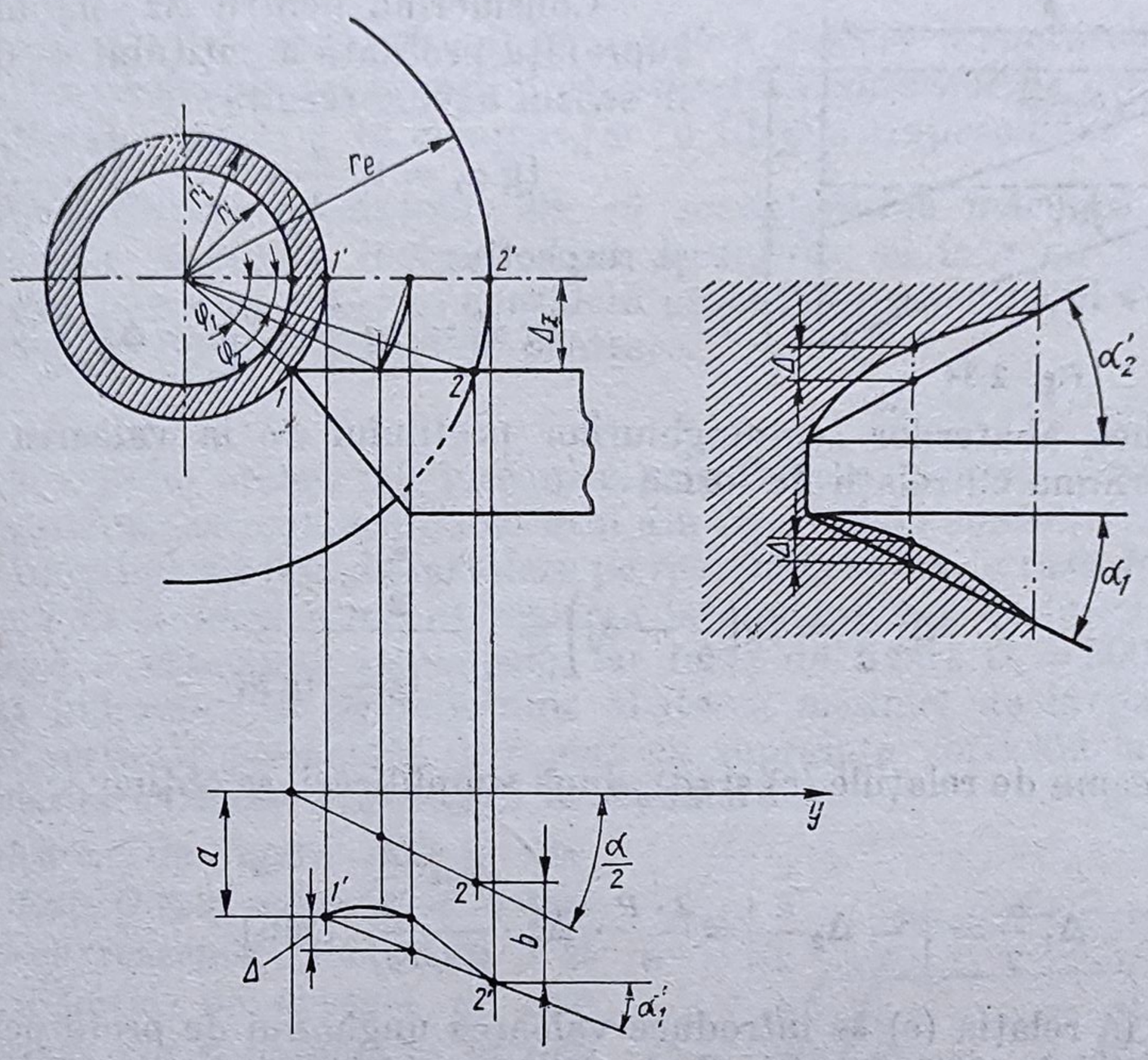


Fig. 2.32

De asemenea, din figura 2.33, $\sin \varphi_1 = \frac{\Delta z}{r'_i}$; $\sin \varphi_2 = \frac{\Delta z}{r_e}$

și considerînd $\sin \varphi_1 \approx \varphi_1$; $\sin \varphi_2 \approx \varphi_2$; $r'_i \approx r_i$, se obține:

$$a = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\Delta z}{r_i} = \frac{P}{\pi} \cdot \frac{\Delta z}{d_i} \qquad \text{(a)}$$

și respectiv:

$$b = \frac{P}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\Delta z}{r_e} = \frac{P}{\pi} \cdot \frac{\Delta z}{d_e} \cdot \qquad \text{(b)}$$

Valoarea semiunghiurilor α'_1 și α'_2 din figura 2.32 se pot determina pe baza reprezentării grafice din figura 2.34.

Din fig. 2.34 rezultă:

$$\operatorname{tg} \alpha'_1 = \frac{c + b - a}{h}; \quad h = \frac{d_e - d_i}{2}; \quad c = h \cdot \operatorname{tg} \cdot \frac{\alpha}{2}$$

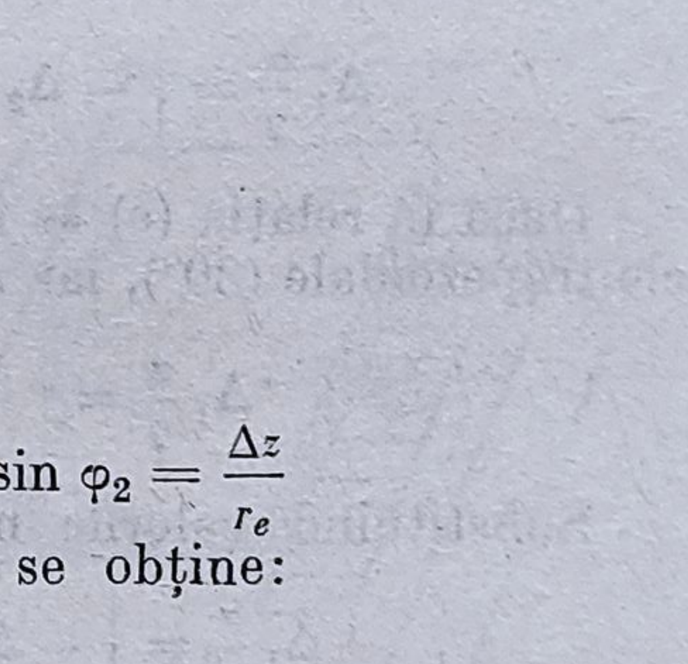


Fig. 2.33

și ținîndu-se seama de relațiile (a) și (b) rezultă:

$$\operatorname{tg}\alpha_1' = \operatorname{tg}\cdot\frac{\alpha}{2} - \frac{2\cdot P}{\pi}\cdot\Delta z\cdot\frac{1}{d_e\cdot d_i}\cdot$$

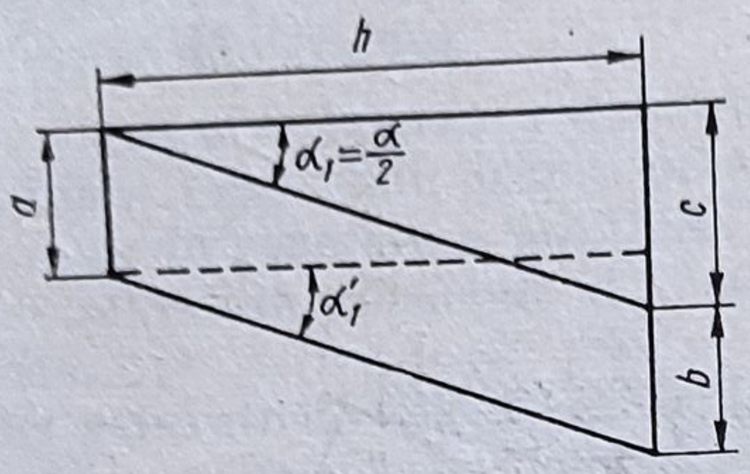


Fig. 2.34

Considerînd pentru Δz semnul (+) cînd suprafața profilată a cuțitului se deplasează în sensul axei z, rezultă:

$$\operatorname{tg}\alpha_1' = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} + \frac{2\cdot P}{\pi}\cdot\Delta z\cdot\frac{1}{d_e\cdot d_i} \qquad (c)$$

și respectiv:

$$\operatorname{tg}\alpha_2' = \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - \frac{2\cdot P}{\pi}\cdot\Delta z\cdot\frac{1}{d_e\cdot d_i}\cdot \qquad (d)$$

Mărimea abaterilor semiunghiurilor profilului de la valoarea teoretică se va determina cu relații de forma:

$$\Delta_1\frac{\alpha}{2} = \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2} - \alpha_1'\right) = \frac{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} - \operatorname{tg}\alpha_1'}{1 + \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}\cdot\operatorname{tg}\alpha_1'}$$

și ținînd seama de relațiile (c) și (d), după simplificări, se obține:

$$\Delta_1\frac{\alpha}{2} = \left| -\Delta_2\frac{\alpha}{2}\right| = \frac{2\cdot P}{\pi}\cdot\Delta z\cdot\frac{\cos^2\frac{\alpha}{2}}{d_e\cdot d_i}\ [\text{rad}]. \qquad (e)$$

Dacă în relația (e) se introduce valoarea unghiului de profil pentru filetele trapezoidale (30°), iar Δz, P, d_i, d_e se consideră în mm, se obține:

$$\Delta_1\frac{\alpha}{2} = \left| -\Delta_2\frac{\alpha}{2}\right| = 2\,042\cdot\Delta z\cdot\frac{P}{d_e\cdot d_i}\ [\text{min}]\cdot \qquad (f)$$

Substituind valorile numerice din problemă se obține:

$$\Delta_1\frac{\alpha}{2} = \left| -\Delta_2\frac{\alpha}{2}\right| = 2\,042\cdot 0{,}5\cdot\frac{6}{23\cdot 30}\approx 8'50''\ .$$

Din relația (e) se observă că valoarea unghiului de profil a filetului rămîne constantă la o instalare incorectă a suprafeței profilate a cuțitului în lungul axei z.

29. Să se determine mărimea abaterilor semiunghiurilor profilului filetului metric cu pasul $P = 6$ mm, diametrul interior $d_i = 65{,}505$ mm și diametrul exterior $d_e = 72$ mm (STAS 511-62), prelucrat prin strunjire, dacă suprafața profilată a cuțitului a fost instalată cu 0,5 mm sub linia vîrfurilor de centrare.

Rezolvare. Dacă în relația (e) din exemplul precedent se introduce valoarea unghiului de profil pentru filete metrice (60°), iar Δz, P, d_i, d_e se consideră în mm, rezultă:

$$\Delta_1\frac{\alpha}{2} = \left| -\Delta_2\frac{\alpha}{2}\right| = 1\,641\cdot\Delta z\cdot\frac{P}{d_i\cdot d_e}$$

și substituind valorile numerice din problemă, se obține:

$$\Delta_1 \frac{\alpha}{2} = \left| -\Delta_2 \frac{\alpha}{2} \right| = 1641 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{6}{65{,}505 \cdot 72} \approx 1'3''.$$

Se observă deci influența mult mai mică a deplasării suprafeței profilate a cuțitului în lungul axei z asupra preciziei semiunghiurilor de profil în cazul strunjirii filetelor metrice în comparație cu filetele trapezoidale.

30. În condițiile exemplului 28, să se determine mărimea abaterilor semiunghiurilor profilului filetului dacă strunjirea se face cu un cuțit cu unghi de degajare $\gamma = 10°$ și se consideră că instalarea cuțitului s-a făcut cu vîrful perfect pe linia vîrfurilor de centrare.

R. $\Delta\alpha_1' = |-\Delta\alpha_2' = |21'18''$.

31. Se supune prelucrării mecanice prin frezare, pentru obținerea unui canal longitudinal lateral, semifabricatul din figura 2.35 confecționat din oțel OLC 45. Adoptînd schema de instalare pe reazeme sferice cu raza $R = 20$ mm din figura 2.35 și considerînd că reglarea la dimensiunea de lucru se face în stare statică a sistemului tehnologic, iar forța de fixare $Q = 500$ daN este dezvoltată hidraulic, să se determine abaterea maximă de la paralelism a suprafeței verticale prelucrate în raport cu suprafața verticală laterală din stînga, folosită ca bază tehnologică de instalare.

Rezolvare. Din figura 2.35 se observă că forța Q este aplicată asimetric în raport cu reazemele fixe 4 și 5 și ca urmare forțele de contact pe cele două reazeme vor fi neegale și anume $Q_4 = 150$ daN și $Q_5 = 350$ daN. Aceste forțe vor fi constante pentru instalarea tuturor semifabricatelor similare deoarece forța Q este aplicată hidraulic.

Pe baza textului problemei și a tabelului 2.2 se determină deformațiile de contact în dreptul celor două reazeme:

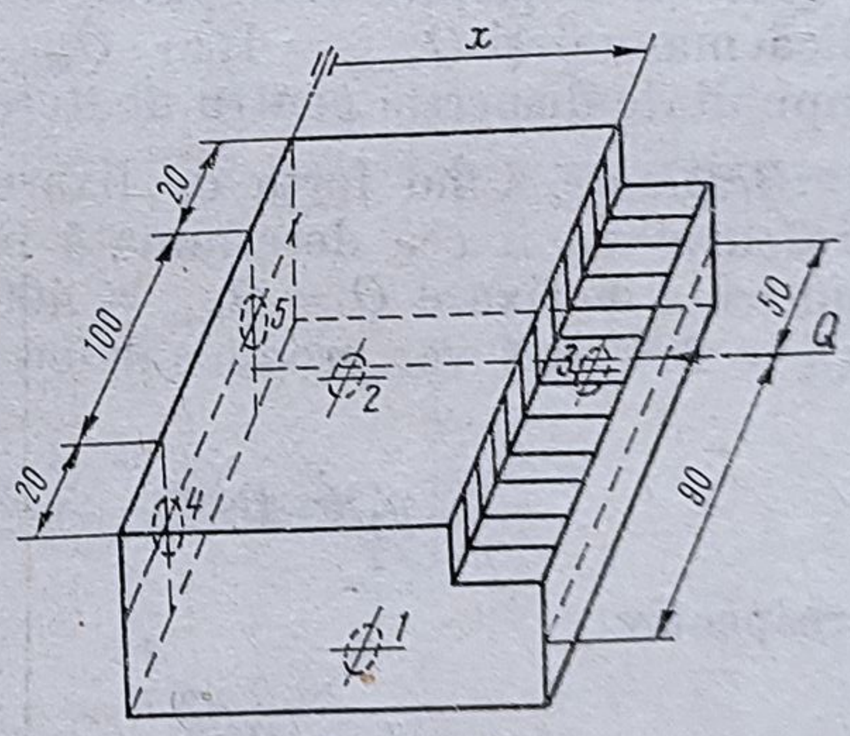


Fig. 2.35

$$y_4 = B\frac{Q_4^{0,75}}{R} = \frac{5{,}2 \cdot 150^{0,75}}{20} = \frac{5{,}2 \cdot 42{,}8616}{20} = 11{,}14 \ \mu m$$

și respectiv:

$$y_5 = B\frac{Q_5^{0,75}}{R} = \frac{5{,}2 \cdot 350^{0,75}}{20} = \frac{5{,}2 \cdot 80{,}9191}{20} = 21{,}03 \ \mu m.$$

Abaterea de la paralelism a celor două suprafețe pe toată lungimea piesei va fi:

$$x = 140 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 140\frac{y_5 - y_4}{100} = 1{,}4(y_5 - y_4) = 13{,}86 \ \mu m.$$

32. În condițiile exemplului precedent, considerînd că maneabilitatea echipamentului tehnologic nu permite deplasarea punctului de aplicație a forței Q spre linia de simetrie a reazemelor 4 și 5, să se stabilească posibilitatea reducerii abaterii maxime de la paralelism sub valoarea de 10 μm.

Rezolvare. Din ultima relație de calcul din exemplul precedent, impunînd abaterea maximă de la paralelism, se determină:

$$y_4 - y_5 = \frac{x}{1,4} = 7,14 \ \mu\text{m}.$$

Pentru reducerea diferenței $y_4 - y_5$, sub valoarea admisibilă, fie se mărește deformația y_4 prin reducerea razei R a reazemului respectiv, fie se reduce deformația y_5 prin creșterea razei R a reazemului 5. Se poate adopta și o soluție de compromis, prin a acționa în sensul specificat asupra ambelor deformații y_4 și y_5.

Dacă se menține y_4 constant, se determină mărimea admisibilă pentru y_5 care va fi: $y_5 = y_4 - 7,14 = 11,14 - 7,14 = 4$ μm, de unde rezultă:

$$R_5 = \frac{5,2 \cdot 80,9191}{4} = 105 \text{ mm}.$$

33. În condițiile exemplului 31, se consideră că efortul de fixare Q se aplică manual și $Q_{max} = 1,25 \cdot Q_{min} = 500$ daN. Să se determine mărimea cîmpului de dispersie pentru abaterea de la paralelism x.

Rezolvare. Cînd forța de fixare $Q = Q_{max} = 500$ daN, abaterea de la paralelism va fi cea determinată în exemplul 31 și anume, $x = 13,86$ μm. Cînd forța de fixare $Q = Q_{min} = 400$ daN, forțele de contact $Q'_4 = 120$ daN și $Q'_5 = 280$ daN vor produce deformațiile:

$$y'_4 = B \frac{Q'^{0,75}_4}{R} = \frac{5,2 \cdot 36,2565}{20} = 9,43 \ \mu\text{m}$$

și respectiv:

$$y'_5 = B \frac{Q'^{0,75}_5}{R} = \frac{5,2 \cdot 68,4492}{20} = 17,80 \ \mu\text{m}.$$

Ca urmare: $x' = 1,4 \, (y'_5 - y'_4) = 11,71$ μm

și deci cîmpul de dispersie al abaterii de la paralelism va fi: $W_x = x - x' = 2,15$ μm.

34. La semifabricatele cilindrice din figura 2.36 cu diametrul de $40_{-0,08}$ mm trebuie să se prelucreze o suprafață plană la cota $H = 35_{-0,10}$ mm. Semifabricatele sînt din oțel OLC 45. Rugozitatea suprafeței cilindrice este $R_a = 6,3$ μm. Se cere să se aleagă din figura 2.36 acea schemă de instalare care asigură obținerea unei erori de instalare minimă. Unghiul prismei este $\alpha = 90°$, lungimea prismei $L = 20$ mm, strîngerea se face manual cu o forță de fixare medie de 500 daN. Toleranța la diametrul găurii din bucșa de instalare este de 0,02 mm, iar jocul radial minim, în cazul instalării în bucșă, este $\Delta = 0,01$ mm.

Abaterea. Erorile de bazare pentru schemele de bazare din figura 2.36, conform datelor din tabelul 2.1, sînt:

— pentru schema din figura 2.36, *a*:

$$\varepsilon_{bB} = \frac{T_D}{2}\left(\frac{1}{\sin\alpha} - 1\right) = \frac{0{,}08}{2}\left(\frac{1}{\sin 45^\circ}\right) - 1 = 0{,}016 \text{ mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *b*:

$$\varepsilon_{bB} = T_D + T_d + 2 \cdot \Delta =$$
$$= 0{,}08 + 0{,}02 + 0{,}02 =$$
$$= 0{,}12 \text{ mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *c*:

$$\varepsilon_{bB} = \frac{T_D}{2} = \frac{0{,}08}{2} = 0{,}04 \text{ mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *d*:

$$\varepsilon_{bB} = \frac{T_D}{2} = \frac{0{,}08}{2} = 0{,}04 \text{ mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *e*:

$$\varepsilon_{bB} = 0.$$

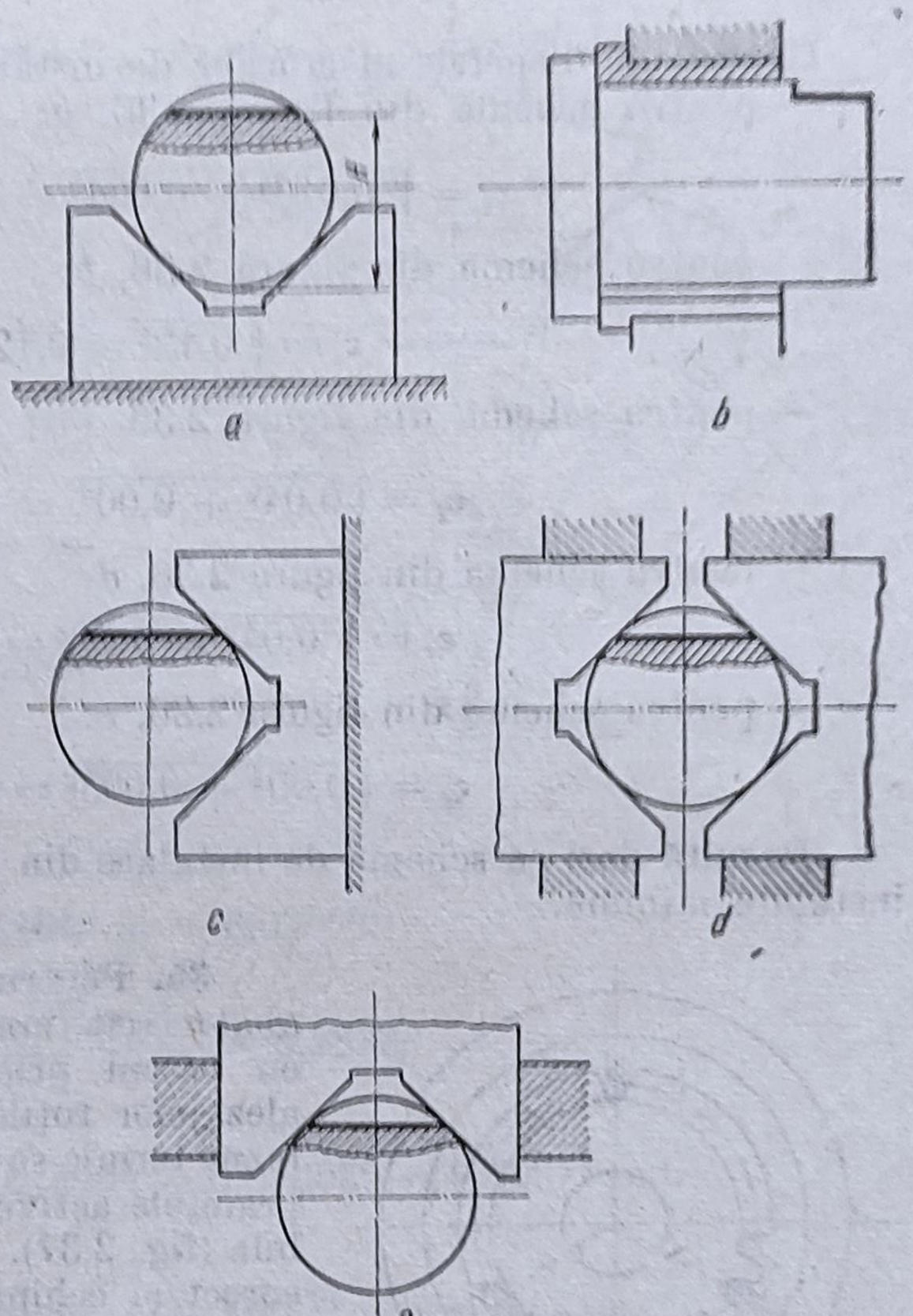


Fig. 2.36

Erorile de fixare determinate în condiţiile strîngerii manuale şi deci a variaţiei forţei de strîngere vor fi:

— pentru schema din figura 2.36, *a*:

$$\varepsilon_{fB} = 2^n \cdot Q_{med}^{n} \frac{2 \cdot (22 + 0{,}03 \cdot F_g^2)}{D} \cdot \frac{k^n - 1}{(k+1)^n},$$

şi luînd $k = 1{,}5$, iar $Q_{med} = Q'/L = 500/2 = 250$ daN/cm, se obţine:

$$\varepsilon_{fB} = 2^{1{,}5} \cdot 250^{0{,}5} \frac{2 \cdot (22 + 0{,}03 \cdot 6{,}3^2)}{10} \cdot \frac{1{,}5^{0{,}5} - 1}{(1{,}5+1)^{0{,}5}} = 4 \text{ μm}.$$

Proiecţia deplasării bazei de măsurare pe direcţia dimensiunii de obţinut, ca urmare a efortului de fixare, este egală cu zero în cazul schemelor din figura 2.36, *b*, *c* şi *d*.

— pentru schema din figura 2.36, *e*, folosind relaţia de calcul din tabelul 2.2 şi adoptînd pentru unghiul prismei $\alpha = 180°$, rezultă:

$$\varepsilon_{fH} = 2^n \cdot Q^n_{med} \cdot \frac{k^n - 1}{(k+1)^n} \cdot \cos\alpha =$$

$$= 2^{0,5} \cdot \frac{250^{0,5}}{2} \cdot \frac{2(22 + 0,03 \cdot 6,3^2)}{40} \cdot \frac{1,5^{0,5} - 1}{(1,5+1)^{0,5}} = 3 \ \mu m$$

Cîmpul de dispersie al erorilor de instalare va fi:

— pentru schema din figura 2.36, *a*:

$$\varepsilon_i = \sqrt{0,016^2 + 0,004^2} = 0,0165 \ \text{mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *b*:

$$\varepsilon_i = \sqrt{0,12^2} = 0,12 \ \text{mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *c*:

$$\varepsilon_i = \sqrt{0,04^2 + 0,00^2} = 0,04 \ \text{mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *d*:

$$\varepsilon_i = \sqrt{0,04^2 + 0,00^2} = 0,04 \ \text{mm};$$

— pentru schema din figura 2.36, *e*:

$$\varepsilon_i = \sqrt{0,00^2 + 0,003^2} = 0,003 \ \text{mm}.$$

Rezultă deci că schema de instalare din figura 2.36, *e* asigură eroarea de instalare minimă.

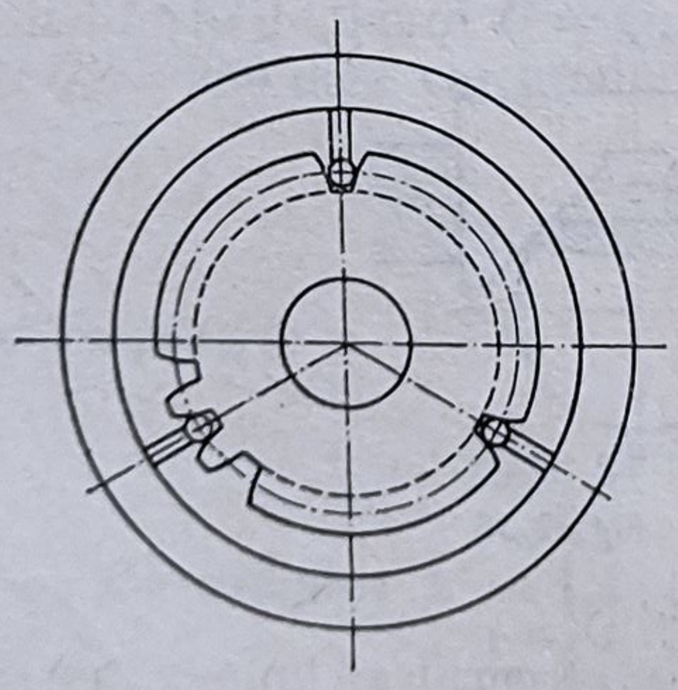


Fig. 2.37

35. Pentru a asigura o concentricitate cu abateri cît mai mici a suprafeţei alezajului cu cercul primitiv al danturii, rectificarea alezajelor roţilor dinţate cilindrice după tratament termic se face cu bazarea acestora pe suprafeţele active ale dinţilor, folosind role sau bile (fig. 2.37). Pentru ca bazarea să se facă corect şi echipamentul tehnologic să fie realizat în concordanţă cu cerinţele concrete ale instalării semifabricatelor este necesar să se determine, în funcţie de caracteristicile constructive ale roţii dinţate, diametrul rolelor sau bilelor d şi distanţa dintre centrul geometric al rolelor sau bilelor şi centrul geometric al roţii dinţate L. Diametrul cercului pe care vin în contact rolele cu suprafeţele active ale dinţilor este $D_g = D_e - (0,4 \ldots 1). \ m$, unde D_e reprezintă diametrul exterior al danturii, iar m — modulul danturii. Să se determine diametrul rolelor de contact şi distanţa de la centrul lor de simetrie la centrul geometric al roţii dinţate, în cazul adoptării acestei metode de instalare a semifabricatelor la rectificarea interioară a alezajelor, la un lot de roţi dinţate cilindrice cu dinţi drepţi, avînd ca parametri ai danturii evolventice: unghiul de angrenare $\alpha_1 = 20°$, modulul $m = 4$ mm, numărul de dinţi $z = 20$.

Rezolvare. Se consideră reprezentarea grafică din figura 2.38, în care r_b reprezintă raza cercului de bază, r_2 — distanța de la punctul de contact al rolei cu suprafața activă a dinților și γ centrul geometric al roții dințate. Celelalte notații rezultă clar de pe desen.

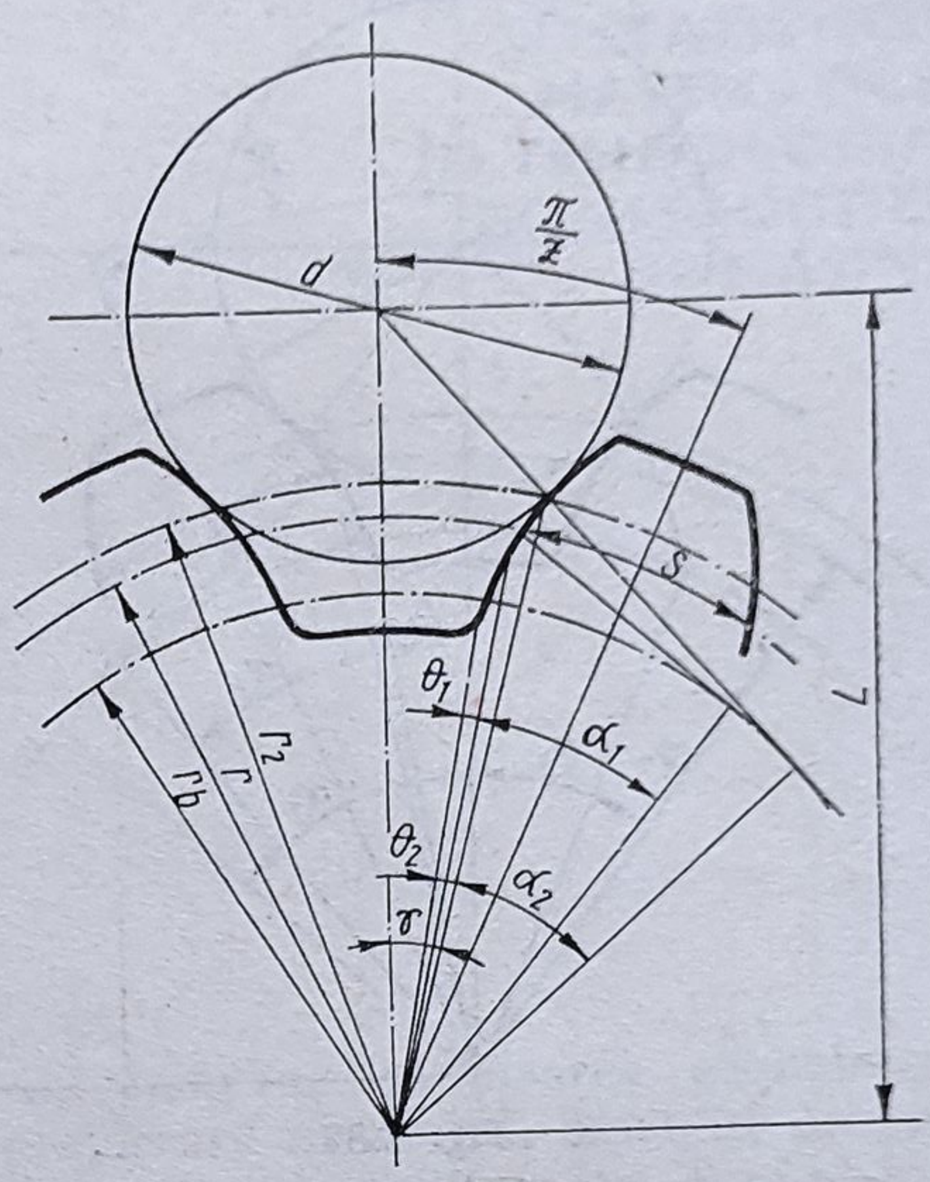


Fig. 2.38

Diametrul rolelor se determină cu relația:

$$d = 2\,[r_b \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_2) - r_2 \cdot \sin \alpha_2]$$

în care, $\cos \alpha_2 = \dfrac{r_b}{r_2}$

iar,

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{S}{2 \cdot r} + \theta_1\right) + \theta_2$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \cdot \alpha_1 - \alpha_1; \quad \theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2$$

De asemenea, $L = \dfrac{r_b}{\cos(\gamma + \alpha_2)}$.

Substituind valorile numerice rezultă:

$$r_b = r \cdot \cos \alpha_1 = 40 \cdot 0{,}93969 = 37{,}5876$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{37{,}5876}{42} = 0{,}89494;$$

$$\alpha_2 = 26°30'$$

$$\theta_1 = 0{,}014904; \; \theta_2 = 0{,}036069$$

$$S = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3{,}1416 \cdot 4}{2} = 6{,}2832$$

$$\gamma = \frac{3{,}1416}{20} - \frac{6{,}2832}{2 \cdot 40} + 0{,}014904 + 0{,}036069 = 0{,}09971 \text{ rad.}$$

$$\gamma° = \frac{0{,}09971 \cdot 180}{3{,}1416} = 5°42'; \; L = \frac{37{,}5876}{0{,}84619} = 44{,}42 \text{ mm}$$

$$d = 2\ (37{,}5876 \cdot 0{,}62973 - 42 \cdot 0{,}4462) = 10{,}45 \text{ mm.}$$

Întrucît realizarea rolelor sau bilelor la dimensiuni fracționare este dificilă și de aceste valori trebuie ținut seama la proiectarea echipamentului tehnologic, se rotunjește diametrul d obținut la o dimensiune întreagă imediat superioară d' și se recalculează dimensiunile r_2' și L'. Pentru aceasta se consideră reprezentarea grafică din figură 2.39, în care din centrul rolei se duce o evolventă la același cerc de bază al roții dințate și folosind unghiul polar θ_3 se determină:

$$L' = \frac{r_b}{\cos \alpha_3}.$$

Unghiul α_2 se determină din relația:

$$\theta_3 = \operatorname{tg} \alpha_3 - \alpha_3$$

în care,

$$\theta_3 = \frac{S}{2 \cdot r} + \theta_1 + \frac{d'}{2 \cdot r_b} - \frac{\pi}{z}$$

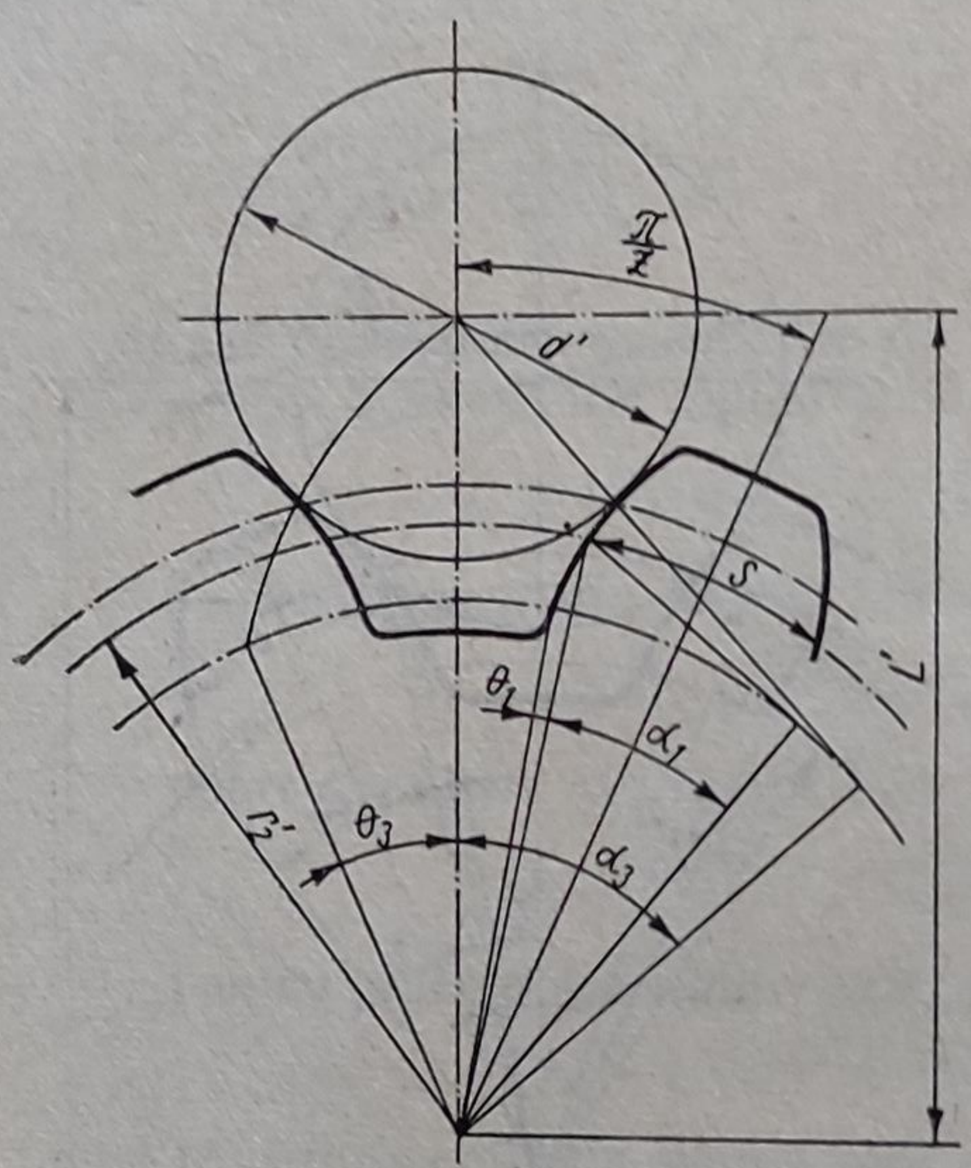


Fig. 2.39

și respectiv:

$$r_2' = \sqrt{\left(L' \sin \alpha_3 - \frac{d'}{2}\right)^2 + r_b^2}.$$

Substituind valorile numerice în care $d' = 11$ mm, rezultă:

$$\theta_3 = \frac{6{,}2832}{2 \cdot 40} + 0{,}014904 + \frac{11}{2 \cdot 37{,}5876} - \frac{3{,}1416}{20} = 0{,}08266,$$

de unde:

$$\alpha_3 = 34°12'$$

$$L' = \frac{40 \cdot 0{,}93969}{0{,}82708} = 45{,}45 \text{ mm}$$

$$r_2' = \sqrt{(45{,}45 \cdot 0{,}5.6208 - 5{,}5)^2 + 37{,}5876^2} = 42{,}6 \text{ mm}$$

$$r_2' = 42{,}6 \text{ mm} < r_e = 44 \text{ mm}.$$

CAPITOLUL 3

APLICAȚII ALE CALCULULUI PROBABILITĂȚILOR ȘI STATISTICII MATEMATICE ÎN TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI

3.1. Introducere

Datorită factorilor aleatori care intervin la optimizarea economică și tehnică a proceselor tehnologice de prelucrare mecanică, calculul probabilităților și statistica matematică au o largă aplicabilitate în Tehnologia construcției de mașini. Aceste instrumente inginerești de calcul se folosesc la optimizarea loturilor de fabricație, alegerea mașinilor-unelte pentru realizarea diverselor operații tehnologice de prelucrare mecanică, determinarea toleranțelor tehnologice, controlul calității prelucrării mecanice, dirijarea proceselor tehnologice din punctul de vedere al calității, organizarea activităților de asamblare în construcția de mașini, programarea utilajelor tehnologice pentru reparații etc.

În cele ce urmează, sînt prezentate cîteva probleme caracteristice din multitudinea aspectelor inginerești întîlnite în activitatea tehnologică din uzinele constructoare de mașini și care pot fi interpretate științific numai folosind ca instrumente de calcul metodele matematice ale calculului probabilităților și statisticii matematice.

Se reamintesc pentru început cîteva relații de calcul ale principalelor legi de distribuție folosite la rezolvarea problemelor ce urmează.

1) *Distribuția normală* (Gauss) (fig. 3.1). Funcția distribuției normale este definită matematic de relația:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \tag{3.1}$$

iar funcția de repartiție de relația:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(x-a)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \cdot dx \,. \tag{3.2}$$

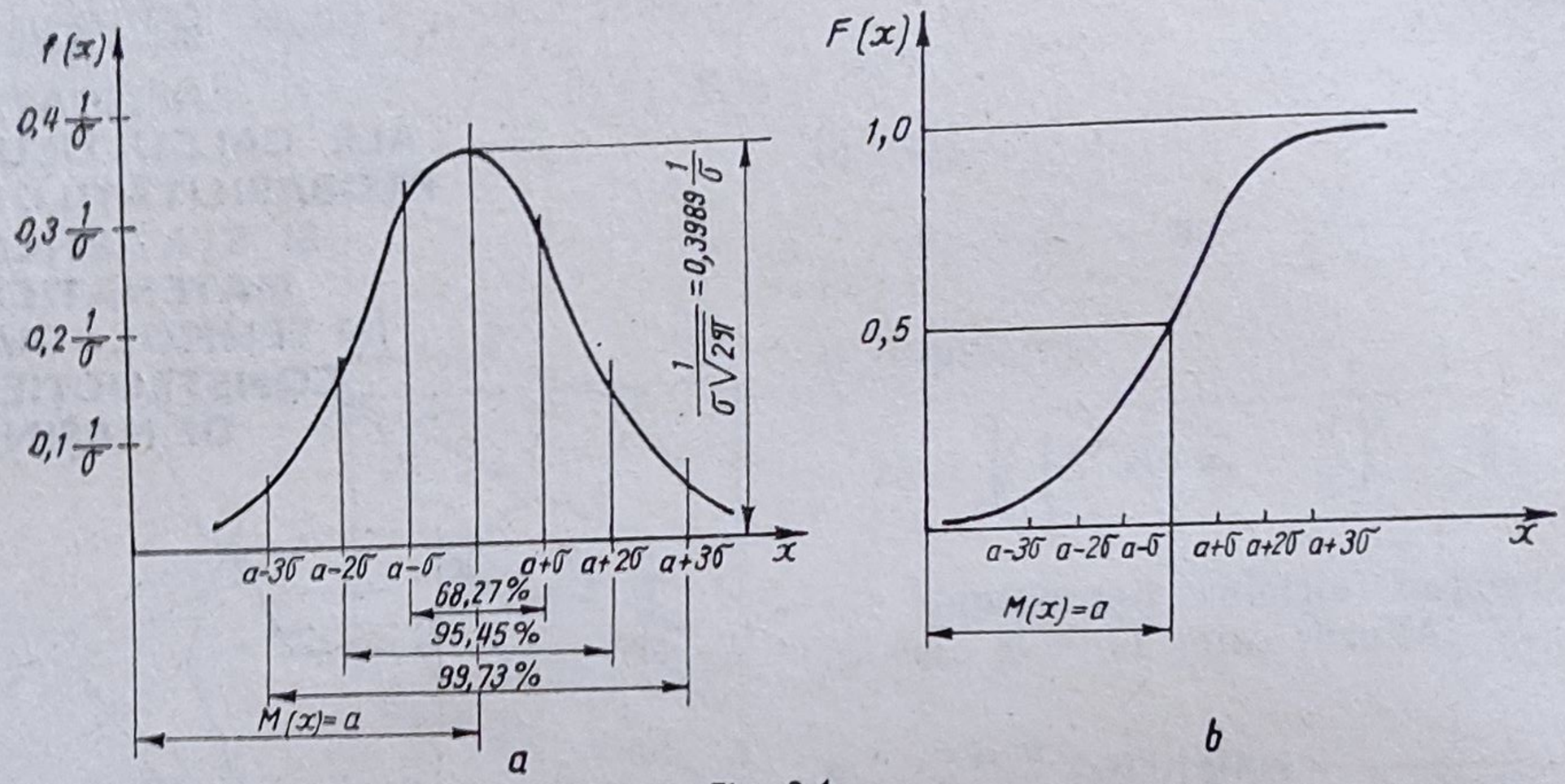


Fig. 3.1

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția normală sînt:

— valoarea medie, $M(x) = a = \dfrac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$ (3.3)

— abaterea medie pătratică,

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - a)^2 \cdot f(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 \cdot f(x_i) - a^2} \tag{3.4}$$

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = 3 \cdot \sigma^4$ (3.5)

— coeficientul asimetriei relative, $\alpha = 0$ (3.6)

— coeficientul dispersiei relative, $k = 1$. (3.7)

În practică interesează integrarea funcției de repartiție (3.2) între anumite limite, de exemplu c și d:

$$F(c \leqslant x < d) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_c^d e^{-\frac{(x-a)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \cdot dx \tag{3.8}$$

a cărei rezolvare se face printr-o schimbare de variabilă,

$$z = \frac{x - a}{\sigma}$$

obținîndu-se:

$$p(c \leqslant x < d) = \Phi\left(\frac{d - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{c - a}{\sigma}\right) \tag{3.9}$$

unde,

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz \tag{3.10}$$

reprezintă funcția lui Laplace.

2) *Distribuția probabilităților egale* (fig. 3.2). Funcția de distribuție a probabilităților egale este definită matematic de următoarea ecuație:

$$f(x) = \begin{cases} 0 , & x < b \\ \frac{1}{c-b}, & b \leqslant x \leqslant c \\ 0 , & x > c \end{cases} \tag{3.11}$$

iar funcția de repartiție de relația:

$$F(x) = \begin{cases} 0 , & x < b \\ \frac{x-b}{c-b}, & b \leqslant x \leqslant c \\ 0 , & x > c \end{cases} \tag{3.12}$$

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția probabilităților egale sînt:

— valoarea medie, $M(x) = a = \frac{b+c}{2}$ (3.13)

— abaterea medie pătratică, $\sigma = \frac{c-b}{2\sqrt{3}} = \frac{l}{\sqrt{3}}$ (3.14)

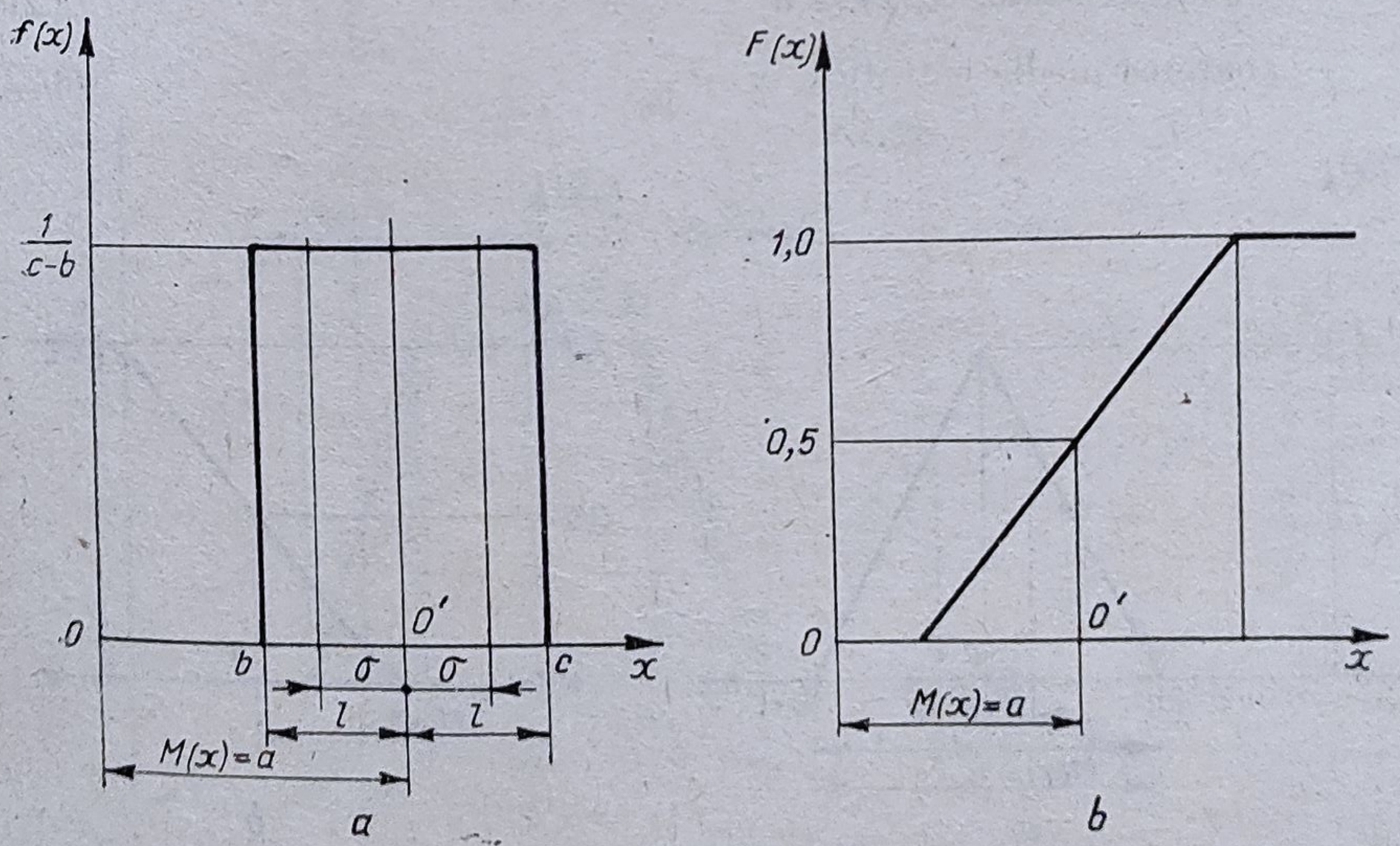


Fig. 3.2

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = \frac{(c-b)^4}{80} = \frac{l^4}{5}$ (3.15)

— excesul, $E = -1{,}2$ (3.16)

— coeficientul asimetriei relative, $\alpha = 0$ (3.17)

— coeficientul dispersiei relative, $k = 1{,}73$ (3.18)

3) *Distribuția sub forma triunghiului isoscel (Simpson)* (fig. 3.3). Funcția de distribuție a distribuției Simpson este definită matematic de relația:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < a - l \\ \frac{l + x - a}{l^2}, & a - l \leqslant x < a \\ \frac{l + x + a}{l^2}, & a \leqslant x \leqslant a + l \\ 0, & x > a + l \end{cases} \quad (3.19)$$

iar funcția de repartiție de relația:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < a - l \\ \frac{[x - (a - l)]^2}{2 \cdot l^2}, & a - l \leqslant x < a \\ 1 - \frac{[(a + l) - x]}{2 \cdot l^2}, & a \leqslant x \leqslant a + l \\ 1, & x > a + l \end{cases} \quad (3.20)$$

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția Simpson sînt:

— valoarea medie, $M(x) = a$ (3.21)

— abaterea medie pătratică, $\sigma = \frac{l}{\sqrt{6}}$ (3.22)

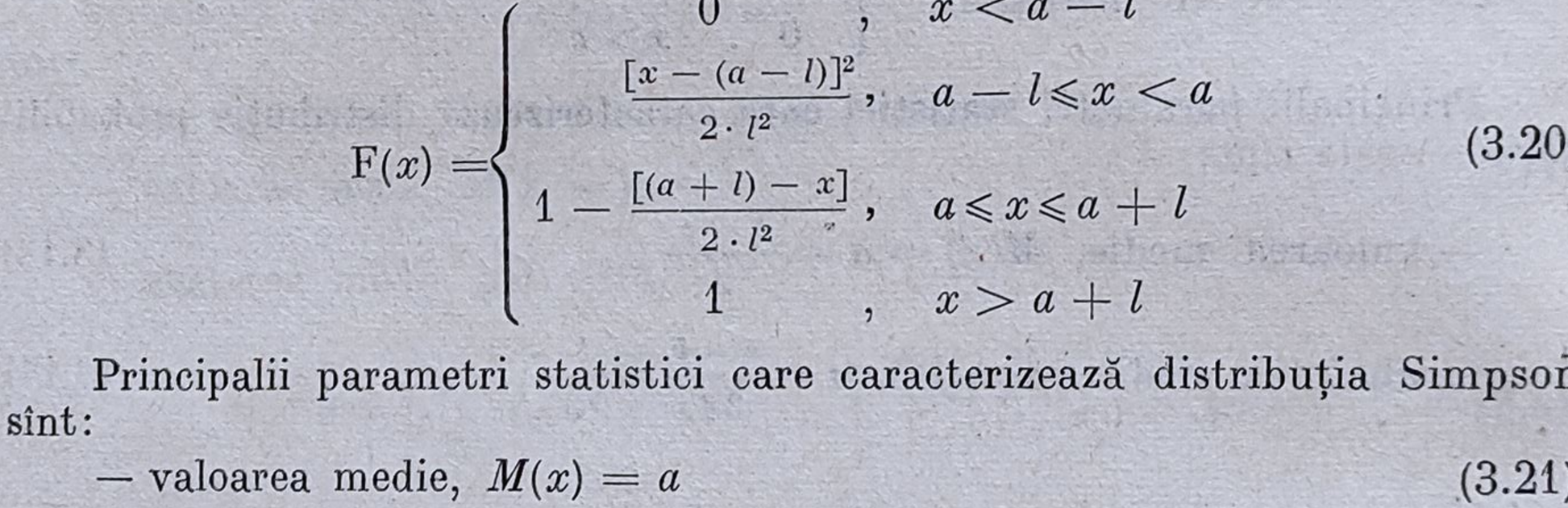


Fig. 3.3

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = \frac{l^4}{15}$ (3.23)

— excesul, $E = -0{,}6$ (3.24)

— coeficientul de asimetrie relativă, $\alpha = 0$ (3.25)

— coeficientul dispersiei relative, $k = -0{,}6$ (3.26)

4) *Distribuția sub forma trapezului isoscel* (fig. 3.4). Funcția distribuției sub forma trapezului isoscel este definită matematic de relația:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a - l \\ \frac{x - a - l}{l^2 - b^2}, & a - l \leqslant x \leqslant a - b \\ \frac{1}{l + b} & , \quad a - b \leqslant x \leqslant a + b \\ \frac{a + l - x}{l^2 - b^2}, & a + b \leqslant x \leqslant a + l \\ 0 & , \quad x > a + l \end{cases} \tag{3.27}$$

iar funcția de repartiție de relația:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a - l \\ \frac{[x - (a - l)]^2}{2(l^2 - b^2)} & , \quad a - l \leqslant x \leqslant a - b \\ \frac{2 \cdot x + l + b + 2 \cdot a}{2(l + b)}, & a - b \leqslant x \leqslant a + b \\ 1 - \frac{[(a + l) - x]^2}{2(l^2 - b^2)} & , \quad a + b \leqslant x \leqslant a + l \\ 1 & , \quad x > a + l \end{cases} \tag{3.28}$$

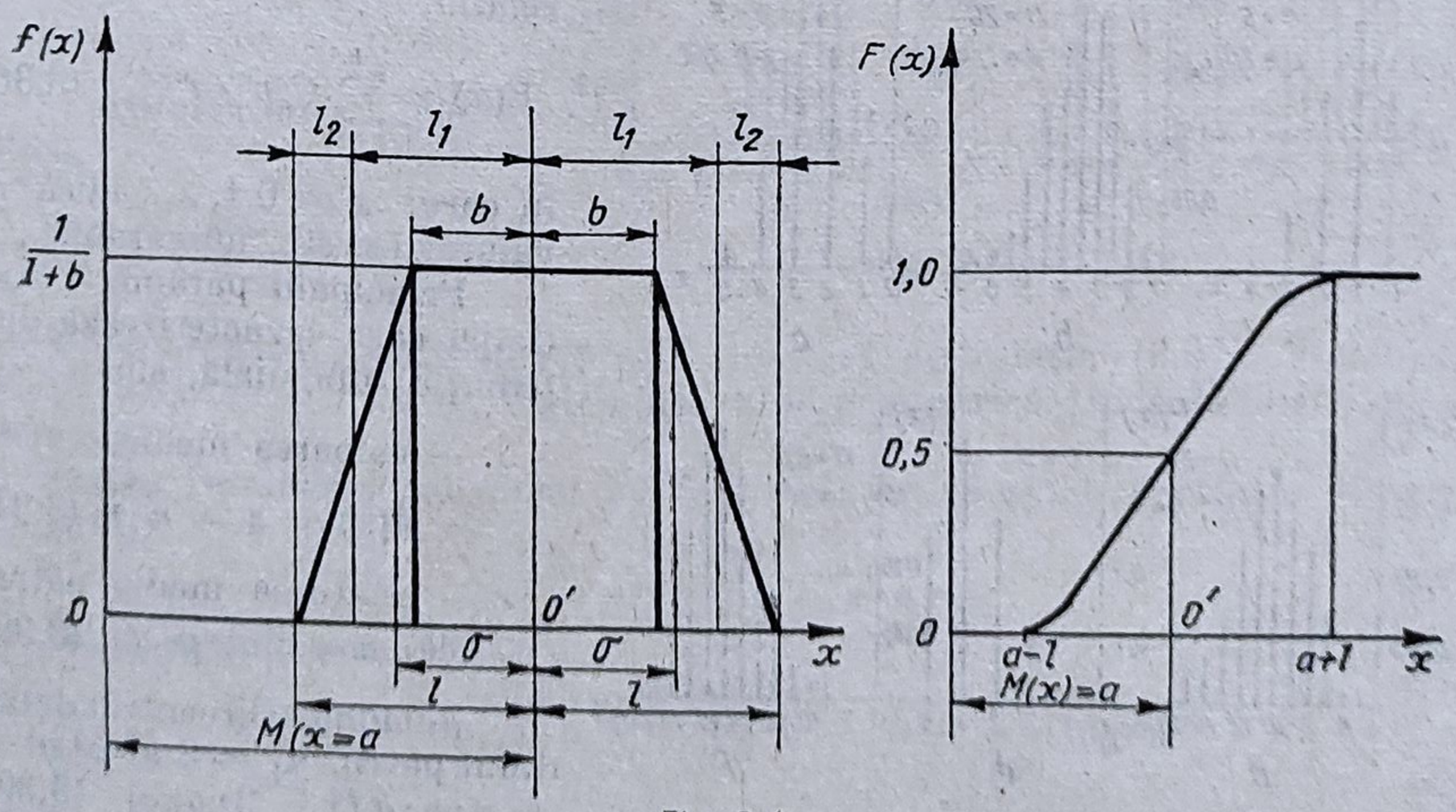


Fig. 3.4

în care,

$$b = |l_1 - l_2|.$$

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția sub forma trapezului isoscel sînt:

(3.29)

— valoarea medie, $M(x) = a$

— abaterea medie pătratică, $\sigma = \sqrt{\frac{l_1^2 + l_2^2}{3}} = \sqrt{\frac{l^2 + b^2}{6}}$ (3.30)

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = \frac{l_1^4 + l_2^4}{5} + \frac{2 \cdot l_1 \cdot l_2}{3} =$

$$= \frac{l^4 + l^2 \cdot b^2 + b^4}{15} \quad (3.31)$$

— excesul, $E = -\frac{6(l_1^4 + l_2^4)}{5(l_1^2 + l_2^2)} = -\frac{3}{5} - \frac{12 \cdot l^2 \cdot b^2}{5(l^2 + b^2)^2}$ (3.32)

— coeficientul de asimetrie relativă, $\alpha = 0$ (3.33)

— coeficientul dispersiei relative, $k = \sqrt{\frac{3}{2}\frac{l^2 + b^2}{l^2}}$ (3.34)

5) *Distribuția binomială (Bernoulli)* (fig. 3.5). Funcția distribuției binomiale este definită matematic de relația:

$$f(x) = C_n^x \cdot p^x \cdot q^{n-x} \quad = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x \cdot q^{n-x} \quad (3.35)$$

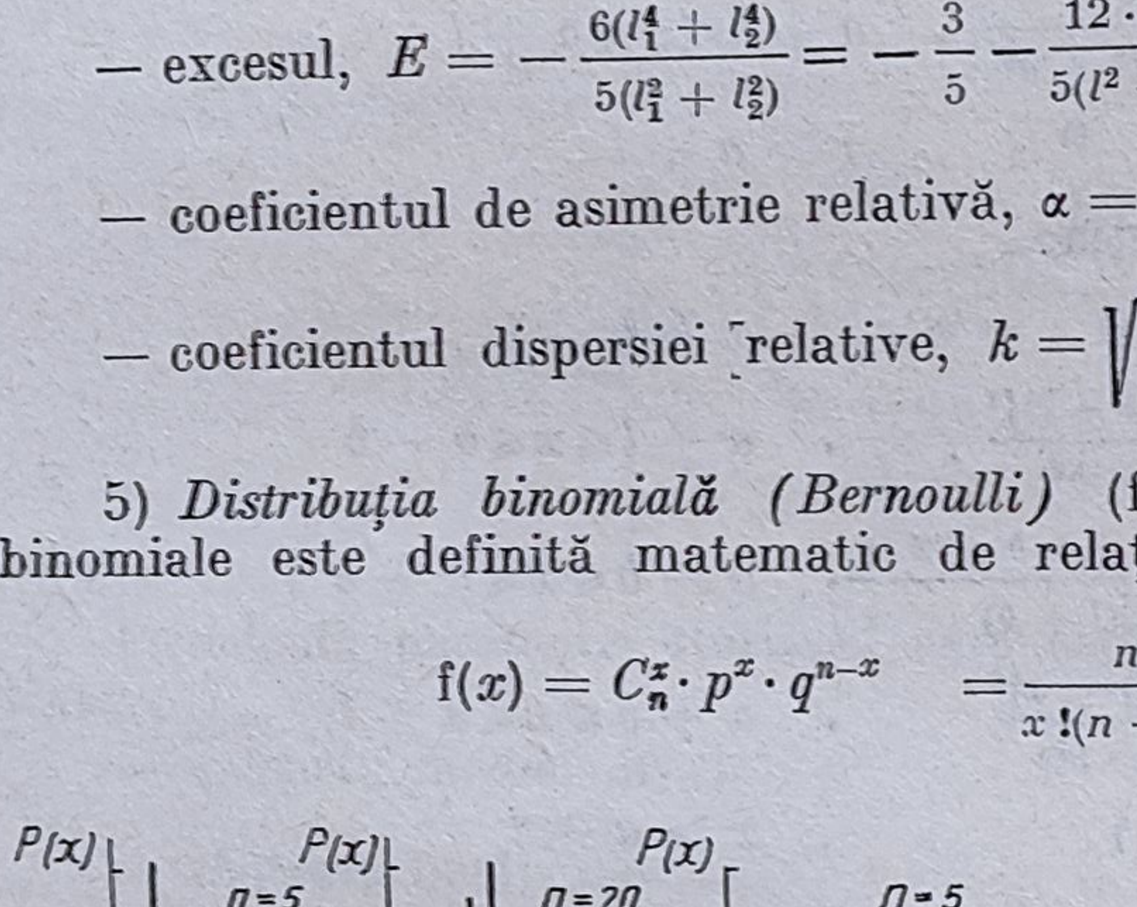


Fig. 3.5

iar funcția de repartiție de relația:

$$F(x) = \sum_{x=0}^{n} C_n^x p^x \cdot q^{n-x}, \quad (3.36)$$

în care: $x = 0,1, ...,$ adică ia valori discrete, numărabile.

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția binomială, sînt:

— valoarea medie,

$$M(x) = a = n \cdot p \quad (3.37)$$

— abaterea medie pătratică, $\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot q}$ (3.38)

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = 3 \cdot n^2 \cdot p^2 \cdot q^2 + n \cdot p \cdot q\,(1 - 6 \cdot p \cdot q)$ (3.39)

— asimetria, $S = \frac{q - p}{\sqrt{n \cdot p \cdot q}}$ (3.40)

(se observă că asimetria este pozitivă $S > 0$ dacă $p < 1/2$ și este negativă $S < 0$ pentru $p > 1/2$),

— excesul, $E = \frac{1 - 6 \cdot p \cdot q}{n \cdot p \cdot q}$. (3.41)

Pentru $p = \text{const.}$ și $n \to \infty$, distribuția binomială tinde spre distribuția normală.

6) *Distribuția hipergeometrică* (fig. 3.6). Funcția distribuției hipergeometrice este definită matematic de relația:

$$f(x) = \frac{C_{p \cdot N}^{x} \cdot C_{q \cdot N}^{n-x}}{C_N^n} = \frac{C_n^x \cdot C_{N-n}^{p \cdot N-x}}{C_N^{p \cdot N}}, \quad (3.42)$$

iar funcția de repartiție, de relația:

$$F(x) = \sum_{x=0}^{n} \frac{C_{p \cdot N}^{x} \cdot C_{q \cdot N}^{n-x}}{C_N^n}, \quad (3.43)$$

unde: $x = 0, 1, 2, \ldots$, adică în valori discrete, numărabile.

Principalii parametri statistici ai distribuției hipergeometrice, sînt:

— valoarea medie,

$$M(x) = a = n \cdot p \quad (3.44)$$

— abaterea medie pătratică,

$$\sigma = \sqrt{n \cdot p \cdot q \frac{N - n}{N - 1}}. \quad (3.45)$$

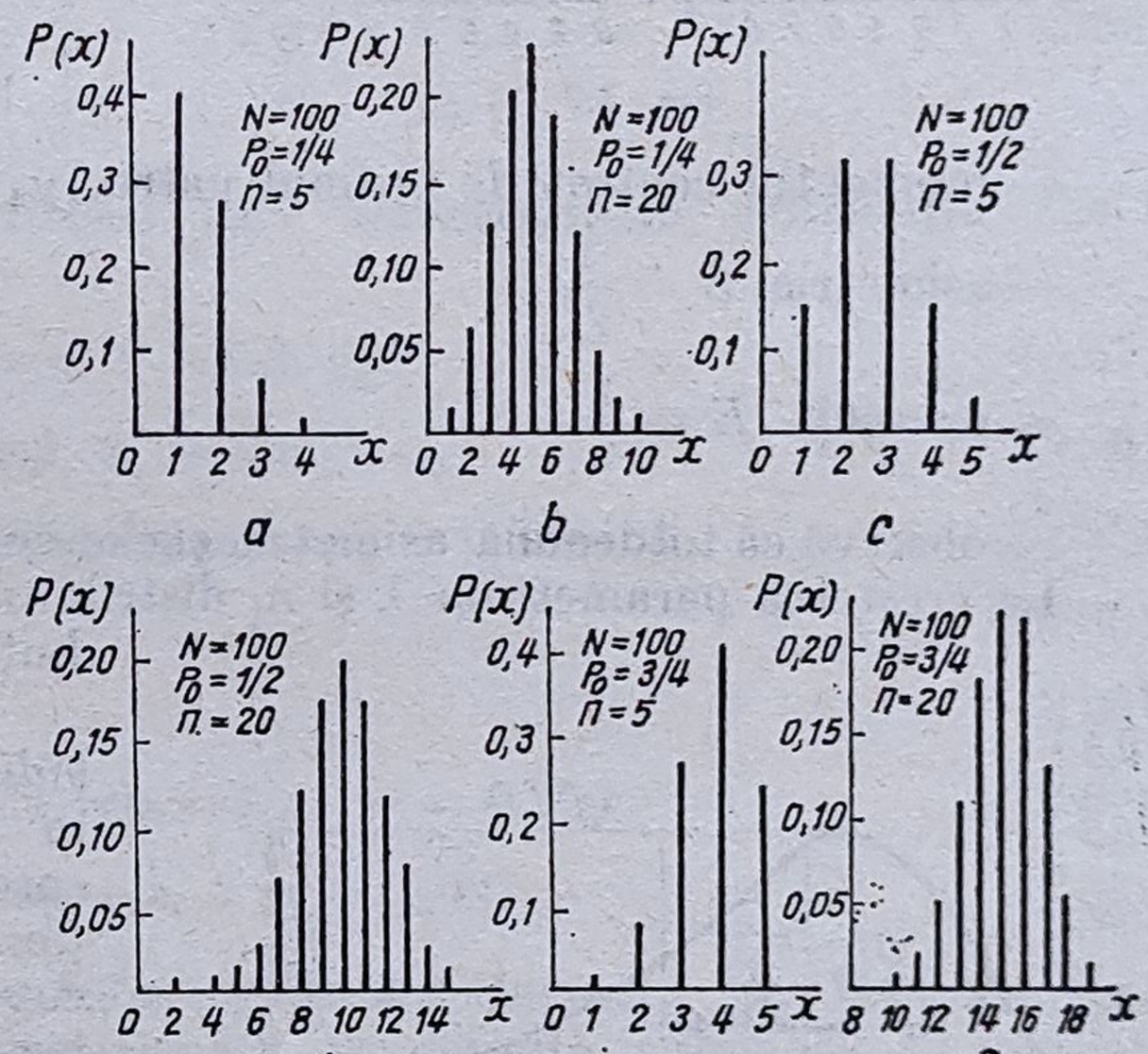


Fig. 3.6

Se observă că relația (3.44) este similară cu relația (3.37). Dealtfel, dacă $N \to \infty$ sau $n \leqslant 0{,}1\ N$, distribuția hipergeometrică tinde la distribuția binomială.

Pentru rezolvarea calculelor cu factoriale se recomandă relația Moivre — Stirling,

$$n! = n^n \cdot e^{-n} \cdot \sqrt{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (3.46)$$

sau, după logaritmare:

$$\log n! = \log \sqrt{2 \cdot \pi} - n \cdot \log e + \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \log \cdot n$$

$$\log \sqrt{2\pi} = 0{,}39909; \quad \log e = 0{,}43429.$$

7) *Distribuția Poisson* (fig. 3.7). Funcția distribuției Poisson este definită matematic de relația:

$$f(x) = \frac{\lambda^x}{x!} \cdot e^{-\lambda} \tag{3.47}$$

iar funcția de repartiție, de relația:

$$F(x) = \sum_{n=1}^{n-1} \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}, \tag{3.48}$$

în care: $x = 0, 1, 2, ...$, adică ia valori discrete, numărabile.

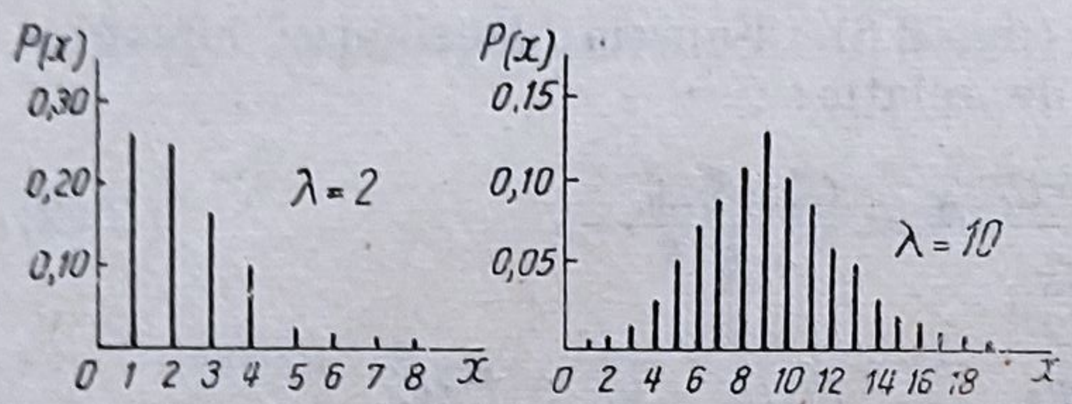


Fig. 3.7

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția Poisson, sînt:

— valoarea medie,

$$M(x) = a = \lambda \tag{3.49}$$

— abaterea medie pătratică, $\sigma = \sqrt{\lambda}$ (3.50)

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = \lambda + 3 \cdot \lambda^2$ (3.51)

— asimetria, $S = \frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ (3.52)

— excesul, $E = \frac{1}{\lambda}$.

Se observă că totdeauna asimetria și excesul sînt pozitive $S > 0, E > 0$
La creșterea parametrilor λ și n, distribuția Poisson tinde spre distribuția normală.

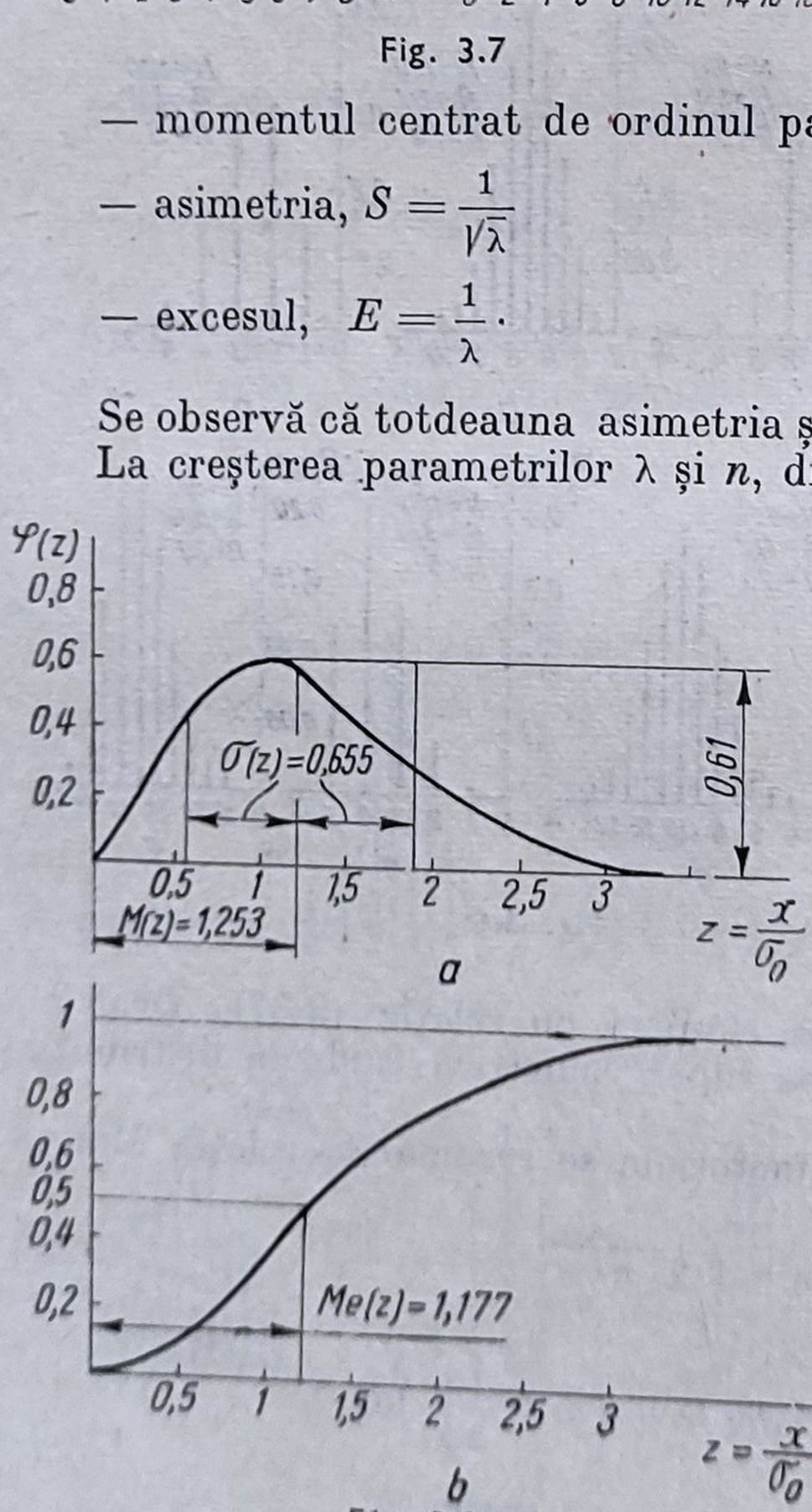


Fig. 3.8

8) *Distribuția strict pozitivă bidimensională (Rayleigh)*, (figura 3.8). Intervine la caracterizarea abaterilor de formă, poziției reciproce a suprafețelor și rugozității suprafețelor și a cărei lege de distribuție este definită matematic de relația:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \frac{x}{\sigma_0^2} \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma_0^2}}, & x \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.53}$$

iar funcția de repartiție, de relația:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma_0^2}}, & x \geqslant 0 \end{cases}$$

(3.53)

unde,

$$x = \sqrt{u^2 + v^2}; \quad \sigma_0 = \sigma_u = \sigma_v.$$

Dacă se face o schimbare de variabilă, $s = \frac{x}{\sigma_0}$, se obține din relația (3.53) funcția de distribuție normată a distribuției strict pozitive bidimensionale:

$$f(s) = \begin{cases} 0 & , \quad s < 0 \\ s \cdot e^{-\frac{s^2}{2}} & , \quad s \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.55}$$

iar pe baza relației (3.54) funcția de repartiție normată a distribuției strict pozitive bidimensionale:

$$F(s) = \begin{cases} 0 & , \quad s < 0 \\ 1 - e^{-\frac{s^2}{2}} & , \quad s \geqslant 0 . \end{cases} \tag{3.56}$$

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția strict pozitivă bidimensională sînt:

— valoarea medie, $M(x) = a = 1{,}253 \cdot \sigma_0$ (3.57)

— abaterea medie pătratică, $\sigma_x = 0{,}655 \cdot \sigma_0$ (3.58)

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = 0{,}598 \cdot \sigma_0^4$ (3.59)

— asimetria, $S = 0{,}631$ (3.60)

— excesul, $E = 0{,}245$ (3.61)

— coeficientul de asimetrie relativă, $\alpha = -0{,}329$ (3.62)

— coeficientul dispersiei relative, $k = -1{,}097$. (3.63)

9) *Distribuția strict pozitivă bidimensională (Maxwell)* (fig. 3.9). Funcția distribuției strict pozitive tridimensionale este definită matematic de relația:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < 0 \\ \frac{x^2}{\sigma_0^3} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma_0^2}} & x \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.64}$$

iar funcția de repartiție, de relația:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < 0 \\ 2 \cdot \left[H\left(\frac{x}{\sigma_0}\right) - \frac{x}{\sigma_0} f\left(\frac{x}{\sigma_0}\right) \right], & x \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.65}$$

unde,

$$x = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}; \quad \sigma_0 = \sigma_u = \sigma_v = \sigma_w.$$

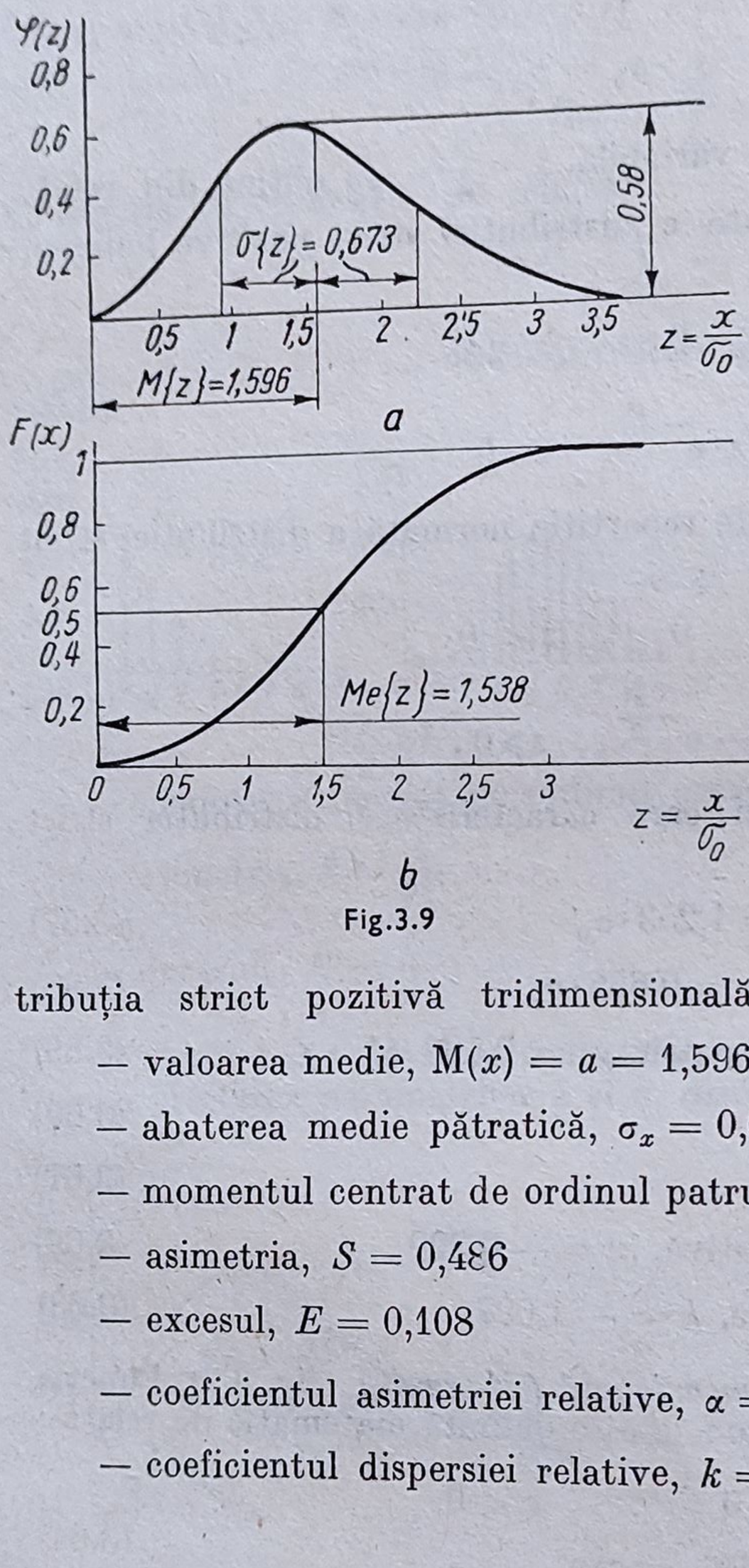


Fig.3.9

Dacă se face o schimbare de variabilă $z = \frac{x}{\sigma_0}$ se obține din relația (3.64) funcția distribuției strict pozitive tridimensionale,

$$f(z) = \begin{cases} 0 & z < 0 \\ z^2 \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} & z \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.66}$$

iar pe baza relației (3.65) funcția de repartiție normată a distribuției strict pozitive tridimensionale:

$$F(z) = \begin{cases} 0 & , z < 0 \\ 2 \cdot [H(z) - zf(z)], & z \geqslant 0 \end{cases} \tag{3.67}$$

Principalii parametri statistici care caracterizează distribuția strict pozitivă tridimensională sînt:

— valoarea medie, $M(x) = a = 1{,}596 \cdot \sigma_0$ (3.68)

— abaterea medie pătratică, $\sigma_x = 0{,}673 \cdot \sigma_0$ (3.69)

— momentul centrat de ordinul patru, $\mu_4 = 0{,}639 \cdot \sigma_0^4$ (3.70)

— asimetria, $S = 0{,}486$ (3.71)

— excesul, $E = 0{,}108$ (3.72)

— coeficientul asimetriei relative, $\alpha = -0{,}28$ (3.73)

— coeficientul dispersiei relative, $k = 1{,}13$ (3.74)

3.2. Aplicații ale calculului probabilităților și distribuțiilor discrete în tehnologia construcției de mașini

1. Un ajustaj este rezolvat din punctul de vedere al preciziei prin metoda sortării în două grupe de precizie. La montaj se aduc 500 piese cu alezaj în grupa a 2-a de sortare și 500 arbori din care 200 în grupa 1 de sortare și 300 în grupa a 2-a de sortare. Considerînd că arborii nu au fost sortați în prealabil, să se determine:

a) care este probabilitatea ca primul arbore luat pentru montaj să facă parte din grupa a 2-a de sortare;

b) care este probabilitatea ca primul arbore luat pentru montaj să facă parte din grupa 1 de sortare.

Rezolvare. Mulțimile considerate fiind discrete și finite, pentru calculul probabilităților se aplică definiția clasică, adică raportul între numărul de cazuri favorabile și numărul de cazuri posibile.

Fie A și B evenimentele ca primul arbore luat pentru montaj să fie din grupa 1 de sortare, respectiv a 2-a.

Pentru evenimentul A vor fi:

— cazuri posibile, $n = 200 + 300 = 500$

— cazuri favorabile, $a = 200$.

Pentru evenimentul B, vor fi:

— cazuri posibile, $n = 200 + 300 = 500$

— cazuri favorabile, $b = 300$.

Rezultă: $P(A) = \frac{200}{500} = 0{,}4$; $P(B) = \frac{300}{500} = 0{,}6$.

2. O bucșă realizată pe un strung revolver are condiții severe de precizie pentru diametrul exterior și diametrul interior. Din cercetări prealabile s-a constatat că 2% din bucșe nu corespund condițiilor de precizie la diametrul exterior și 5% din bucșe nu corespund condițiilor de precizie la diametrul interior.

Să se determine care este probabilitatea ca o bucșă fabricată să nu corespundă condițiilor de precizie.

Rezolvare. Fie A evenimentul ca bucșa să nu corespundă condițiilor de precizie la diametrul exterior și B evenimentul ca bucșa să nu corespundă condițiilor de precizie la diametrul interior.

Evenimentele A și B sînt pe de o parte compatibile, o bucșă avînd atît diametrul exterior, cît și cel interior în afara condițiilor de precizie, iar pe de altă parte independente, precizia celor două diametre nefiind condiționată unul de altul.

Pentru ca o bucșă să nu corespundă condițiilor de precizie trebuie să aibă cel puțin unul din cele două diametre în afara preciziei, adică trebuie să se realizeze evenimentul:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

sau încă:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B).$$

Înlocuind cu datele problemei rezultă:

$$P(A \cup B) = 0{,}02 + 0{,}05 - 0{,}02 \cdot 0{,}05 = 0{,}069 = 6{,}9\%.$$

3. O bucșă supusă prelucrării mecanice pe un strung revolver are prescrise condiții severe de precizie la lungime, diametrul interior și diametrul exterior. Din cercetări prealabile s-a constatat că 92% din bucșe îndeplinesc condițiile de precizie la lungime, 85% din bucșe îndeplinesc condițiile de precizie la diametrul interior și 89% din bucșe îndeplinesc condițiile de precizie la diametrul exterior.

Să se determine care este probabilitatea minimă ca o bucşă oarecare din lotul de fabricaţie să fie bună.

Rezolvare. Fie evenimentul A ca bucşa să corespundă preciziei la lungime; evenimentul B ca bucşa să corespundă preciziei la diametrul interior şi evenimentul C ca bucşa să corespundă la diametrul exterior.

Pentru ca o bucşă să corespundă total condiţiile de precizie este necesar să se realizeze evenimentul: $S = A \cap B \cap C$. Întrucît evenimentele A, B şi C pot fi dependente sau independente, necunoscîndu-se o legătură între ele, pentru calculul evenimentului S se va folosi inegalitatea lui Boole, care are forma,

$$P\left(\bigcap_{k=1}^{b} E_k\right) \geqslant \sum_{k=1}^{n} P(E_k) - (n-1),$$

în care E_k reprezintă evenimentele dependente sau independente, în cazul dat evenimentele A, B şi C.

Înlocuind rezultă:

$$P(A \cap B \cap C) \geqslant P(A) + P(B) + P(C) - 2,$$

adică:

$$P(S) = P(A \cap B \cap C) \geqslant 0{,}92 + 0{,}85 + 0{,}89 - 2 = 0{,}66.$$

Deci probabilitatea ca o bucşă să satisfacă integral condiţiile de precizie va fi:

$$0{,}66 \leqslant P(S) \leqslant 1.$$

4. În depozit se găsesc 1 150 piese dintre care 32 sînt defecte. Să se determine care este probabilitatea ca într-un lot de 155 piese ce merg la montaj şi nefiind controlate la ieşirea din depozit, 145 piese să fie bune.

Rezolvare. Avem $N = 1\,150$ şi $n = 155$. Întrucît $n > 0{,}1 \cdot N$, se foloseşte relaţia (3.42), în care, $N = 1\,150$; $n = 155$; $p \cdot N = 1\,150 - 32 = 1118$; $x = 145$; $n - x = 155 - 145 = 10$; $q \cdot N = 32$. Înlocuind rezultă:

$$P = \frac{C_{1118}^{145} \cdot C_{32}^{10}}{C_{1150}^{155}} = \frac{1118!\,32!\,155!\,995!}{145!\,973!\,10!\,22!\,1150}$$

şi folosind relaţia (3.46) se obţine: $P = 0{,}00479$.

5. La montaj este adus un lot de 20 piese în care 18 sînt bune şi 2 defecte. Să se determine:

a) care este probabilitatea ca prima piesă luată din lot să fie bună;

b) dar să fie defectă;

c) dacă se iau două piese deodată, care este probabilitatea ca ambele să fie bune;

d) dar una bună şi una defectă.

Rezolvare. Fie A evenimentul ca o piesă să fie bună şi B evenimentul ca piesa să fie defectă.

a) $P(A) = \frac{18}{20} = 0{,}9$; b) $P(B) = \frac{2}{20} = 0{,}1$

c) se foloseşte relaţia (3.42) în care: $N = 20$; $n = 2$; $p \cdot N = 18$; $x = 2$; $q \cdot N = 2$; $n - x = 0$.

$$P = \frac{C_{18}^2 \cdot C_2^0}{C_{20}^2} = \frac{153}{190} = 0{,}805$$

d) se foloseşte, de asemenea, relaţia (3.42) în care, $N = 20$; $n = 2$; $p \cdot N = 18$; $x = 1$; $n - x = 1$.

$$P = \frac{C_{18}^1 \cdot C_2^1}{C_{20}^2} = \frac{36}{190} = 0{,}189.$$

6. La un strung automat se prelucrează 2 piese pe minut şi în producţia obţinută după 6 ore de producţie se găsesc 72 piese defecte. Să se determine care este probabilitatea ca într-o selecţie de 15 piese luată din producţia totală a strungului, 6 piese să fie defecte.

Rezolvare. În cele 6 ore de lucru s-au fabricat $6 \cdot 60 \cdot 2 = 720$ piese, din care $720 - 72 = 648$ sînt piese bune şi 72 defecte. Probabilitatea ca într-o selecţie de 15 piese, 6 să fie defecte se poate calcula cu relaţia (3.42), în care: $N = 720$; $n = 15$; $p \cdot N = 72$; $q \cdot N = 720 - 72 = 648$; $x = 6$; $n - x = 9$.

$$P = \frac{C_{72}^6 \cdot C_{648}^9}{C_{720}^{15}} = \frac{72!\,648!\,15!\,705!}{6!\,66!\,9!\,639!\,720!}.$$

Dar rezolvarea acestei relaţii este greoaie. Se observă însă că proporţia de piese defecte este $p = 72/720 = 0{,}1$ şi raportul $1/x = 1/6 = 0{,}16$ au acelaşi ordin de mărime. În acest caz se poate folosi relaţia (3.47) în care $\lambda = n \cdot p = 15 \cdot 0{,}1 = 1{,}5$ de unde rezultă:

$$P = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!} = \frac{1{,}5^6 \cdot e^{-1{,}5}}{6!}.$$

Se observă că folosirea relaţiei (3.47) simplifică foarte mult calculele şi se poate utiliza cînd proporţia evenimentului căutat $p \leqslant 0{,}1$, sau dacă această proporţie p are aproximativ acelaşi ordin de mărime cu $1/x$ din relaţia (3.42).

7. Pe două maşini de rectificat se execută operaţia tehnologică de rectificare finală a alezajului unui inel de rulment. Pe una din maşini se obţine o proporţie de $p_1 = 2/5$ inele de rulment în clasele de precizie superioare celei normale, iar pe cealaltă maşină o proporţie de 1/2. Controlul de calitate se face prin sondaj statistic, extrăgîndu-se de la fiecare maşină cîte două piese din sfert în sfert de oră.

Să se determine legea de distribuţie pentru controlul de calitate.

Rezolvare. Fie X și Y variabilele corespunzătoare ale numărului de piese din clasele de precizie superioare produse de fiecare mașină într-o probă oarecare. Distribuțiile respective sînt de tipul distribuției binomiale, avînd funcțiile:

$$f(x) = C_n^x \cdot p_1^x \cdot q^{n-x}; \quad f(y) = C_m^y p_2^y \cdot q^{m-y}$$

argumentul x	0	1	2
funcția $f(x)$	$\frac{9}{25}$	$\frac{12}{25}$	$\frac{4}{25}$

argumentul y	0	1	2
funcția $f(y)$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$

Selecția totală determină o variabilă aleatoare; $Z = X + Y$, X și Y fiind variabile aleatoare independente.

Se calculează argumentul:

$$x + y, \text{ pentru } \begin{cases} x = 0, & 1, & 2 \\ y = 0, & 1, & 2 \end{cases}$$

și funcția de distribuție corespunzătoare:

$$f(z) = \sum f(x) \cdot f(y)$$

după modelul următor:

$x+y$	z	$f(x) \cdot f(y) = f(z)$
$0+0$	0	$\frac{9}{25} \cdot \frac{1}{4} = \frac{9}{100}$
$0+1;\ 1+0$	1	$\frac{9}{25} \cdot \frac{2}{4} + \frac{12}{25} \cdot \frac{1}{4} = \frac{30}{100}$
$0+2;\ 1+1;\ 2+0$	2	$\frac{9}{25} \cdot \frac{1}{4} + \frac{12}{25} \cdot \frac{2}{4} + \frac{4}{25} \cdot \frac{1}{4} = \frac{37}{100}$
$1+2;\ 2+1$	3	$\frac{12}{25} \cdot \frac{1}{4} + \frac{4}{25} \cdot \frac{2}{4} = \frac{20}{100}$
$2+2$	4	$\frac{4}{25} \cdot \frac{1}{4} = \frac{4}{100}$

Distribuția variabilei Z va fi:

argumentul z	0	1	2	3	4
funcția $f(z)$	$\frac{9}{100}$	$\frac{30}{100}$	$\frac{37}{100}$	$\frac{20}{100}$	$\frac{4}{100}$

Cercetînd distribuţia variabilei Z se constată că ea nu mai este o distribuţie binomială. Dacă ar fi binomială ar trebui să avem,

$$q + p = 1$$

în care,

$$q = \sqrt[4]{\frac{9}{100}} = \sqrt{\frac{3}{10}}$$

şi

$$p = \sqrt[4]{\frac{4}{100}} = \sqrt{\frac{2}{10}}$$

or, se observă, că, $\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{10} \neq 1$.

8. În condiţiile exemplului precedent se consideră că la una din maşinile de rectificat se obţin 10% din inele în clasa de precizie P4, iar la cealălaltă 5%. Se extrag la întîmplare 5 piese, 3 din producţia primei maşini, iar celelalte 2 din producţia celei de a doua maşini. Se cere să se scrie distribuţia unei variabile aleatoare Z, egală cu numărul de piese din clasa de precizie P4 ce se găsesc printre cele cinci piese.

Rezolvare. Se scriu la început distribuţiile a două variabile aleatoare ajutătoare X şi Y, egale cu numărul de piese din clasa de precizie P4 ce se găsesc printre cele 3 piese extrase din producţia primei maşini, respectiv printre cele 2 piese extrase din producţia celei de a doua maşini de rectificat. Variabila X poate să ia una din valorile, 0, 1, 2 şi 3, probabilităţile respective calculînu-se uşor cu ajutorul relaţiei de la distribuţia binomială. Întrucît $n = 3$, $p = 10\% = 1/10$; $q = 1 - p = 9/10$, se obţine:

$$\begin{aligned}
P(X = 0) &= C_3^0 \cdot p^0 \cdot q^3 = 0{,}729 \\
P(X = 1) &= C_3^1 \cdot p \cdot q^2 = 0{,}243 \\
P(X = 2) &= C_3^2 \cdot p^2 \cdot q = 0{,}027 \\
P(X = 3) &= C_3^3 \cdot p^3 \cdot q^0 = 0{,}001.
\end{aligned}$$

Prin urmare, variabila X are următoarea distribuţie:

$$X\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 0{,}729 & 0{,}243 & 0{,}027 & 0{,}001 \end{pmatrix}$$

În mod asemănător se obţine distribuţia variabilei aleatoare Y, pentru $n = 2$, $p = 5\% = 1/20$ şi $q = 19/20$;

$$Y\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 0{,}9025 & 0{,}095 & 0{,}0025 \end{pmatrix}.$$

După cum se ştie X şi Y sînt cazuri particulare ale aşa-numitei variabile aleatoare binomiale. Variabila cerută de problemă este evident $Z = X + Y$ şi poate lua una din valorile 0, 1, 2, 3, 4 sau 5. Probabilităţile cu care variabila Z ia fiecare din aceste valori, se calculează ca în problema precedentă.

Se va prezenta numai modul de calcul pentru $P(Z=2)$, care este mai dificil. O cercetare a tuturor posibilităţilor conduce la descompunerea evenimentului $Z=2$ sub forma:

$$(Z=2)=[(X=0)\cap(Y=2)]\cup[(X=1)\cap(Y=1)]\cup[(X=2)\cap(Y=0)].$$

Ţinînd seama de incompatibilitatea evenimentelor din parantezele mari şi de independenţa evenimentelor din parantezele mici, se obţine:

$$P(Z=2)=P(X=0)\cdot P(Y=2)+P(X=1)\cdot P(Y=1)+P(X=2)\cdot P(Y=0)=0{,}729\cdot 0{,}0025+0{,}243\cdot 0{,}095+0{,}027\cdot 0{,}9025=0{,}049275$$

Procedînd la fel în celelalte cazuri rezultă distribuţia:

$$Z\begin{pmatrix}0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5\\ 0{,}6579225 & 0{,}2885625 & 0{,}0492275 & 0{,}004075 & 0{,}0001625 & 0{,}0000025\end{pmatrix}$$

Verificarea se face uşor, însumînd probabilităţile din linia doua.

9. Într-o secţie de prelucrări mecanice lucrează 20 de maşini unelte automate similare. S-a constatat că probabilitatea ca oricare dintre ele să se defecteze într-un anumit interval de timp este de 20%.

a) Ştiind că un muncitor poate supraveghea mai multe maşini-unelte automate deodată, să se afle numărul maxim de maşini-unelte ce pot fi date în grija sa, astfel încît cu o probabilitate mai mare de 90 %, în intervalul dat, să nu se defecteze mai mult decît două dintre ele.

b) Dacă se dispune de 4 muncitori, să se repartizeze cele 20 maşini-unelte în 4 grupe, astfel încît în toate aceste grupe deodată să fie îndeplinite condiţiile de la punctul precedent, cu o probabilitate cît mai mare.

Rezolvare. a) Fie n (deocamdată necunoscut) numărul de maşini-unelte date în grija unui muncitor. Dacă se notează cu X o variabilă aleatoare egală cu numărul de maşini-unelte ce se defectează în timpul dat, dintre cele n supravegheate de el, această variabilă poate lua oricare dintre valorile întregi de la zero la n, cu probabilităţi ce se pot calcula după legea binomială, pentru $p=0{,}2$ şi $q=0{,}8$:

$$P(X=0)=C_n^0\cdot 0{,}2^n\cdot 0{,}8^n=0{,}8^n$$

$$P(X=1)=C_n^1\cdot 0{,}2^1\cdot 0{,}8^{n-1}=n\cdot 0{,}2\cdot 0{,}8^{n-1}=n\cdot 0{,}8^n\,\frac{0{,}2}{0{,}8}=\frac{n}{4}\cdot 0{,}8^n$$

$$P(X=2)=C_n^2\cdot 0{,}2^2\cdot 0{,}8^{n-2}=\frac{n(n-1)}{2}\left(\frac{0{,}2}{0{,}8}\right)^2\cdot 0{,}8^n=\frac{n(n-1)}{32}\cdot 0{,}8^n$$

.....

$$P(X=n)=C_n^n\cdot 0{,}2^n\cdot 0{,}8^0=0{,}2^n$$

Variabila aleatoare X va fi:

$$X\begin{pmatrix}0 & 1 & 2 & \dots & n\\ 0{,}8^n & \frac{n}{4}\cdot 0{,}8^n & \frac{n(n-1)}{32}\cdot 0{,}8^n & \dots & 0{,}2^n\end{pmatrix}$$

Va trebui calculată probabilitatea ca numărul de mașini-unelte defectate să nu fie mai mare ca 2, adică să fie mai mic sau cel mult doi:

$$P(X \leqslant 2) = P(X = 0) + P(X = 1) + P(X = 2) = 0{,}8^n\left[1 + \frac{n}{4} + \frac{n(n-1)}{32}\right].$$

Această probabilitate trebuie să fie mai mare decît 90%, deci numărul n de mașini-unelte ce se dau în grija muncitorului trebuie să verifice următoarea inecuație:

$$0{,}8^n\left[1 + \frac{n}{4} + \frac{n(n-1)}{2}\right] > 0{,}9.$$

Folosind metoda calculului direct, se obține că valoarea acestei expresii este 0,90112 pentru $n = 6$ și 0,851968 pentru $n = 7$, deci valoarea cea mai mare a lui n, ce verifică inegalitatea, este $n = 6$.

b) Trebuie împărțite cele 20 mașini-unelte în 4 grupe, fiecare fiind formată din cel mult 6 mașini-unelte. Se notează cu A_i evenimentul care constă în faptul că din grupa de ordin i ($i = 1, 2, 3, 4$) în care se găsesc 6 mașini-unelte nu se defectează în timpul dat mai mult de două mașini-unelte. În mod analog, se notează cu B_i, C_i, D_i și E_i evenimentele care constau în faptul că din grupul de ordin i în care se găsesc respectiv 5, 4, 3 sau 2 mașini-unelte nu se defectează în timpul stabilit mai mult de două mașini-unelte. Probabilitățile acestor evenimente se calculează cu relația;

$$P(X \leqslant 2) = 0{,}8^n\left[1 + \frac{n}{4} + \frac{n(n-1)}{32}\right],$$

înlocuind pe n cu 6, 5, 4, 3, respectiv 2. În acest fel se obține $P(A_i) = 0{,}90112$;

$P(B_i) = 0{,}94802$; $P(C_i) = 0{,}9728$; $P(D_i) = 0{,}992$; $P(E_i) = 1$.

O împărțire a celor 20 mașini-unelte în 4 grupe de cîte cel mult 6 este de pildă aceea în care primele 3 grupe conțin cîte 6 mașini-unelte, iar ultima grupă numai 2. Pentru ca în fiecare dintre aceste patru grupe să nu se defecteze mai mult de două mașini-unelte, trebuie să aibă loc evenimentul $A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap E_4$, a cărui probabilitate este: $P(A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap E_4) = P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot P(A_3) \cdot P(E_4) = 0{,}90112^3 \cdot 1 \cong 0{,}73 = 73\%$.

O altă împărțire a celor 20 mașini-unelte este aceea în care primele două grupe conțin cîte 6 mașini-unelte, a treia grupă conține 5, iar a patra 3; în acest caz, pentru ca în fiecare grupă să nu se defecteze mai mult de două mașini-unelte trebuie să aibă loc evenimentul $A_1 \cap A_2 \cap B_3 \cap D_4$, a cărui probabilitate este :

$$P(A_1 \cap A_2 \cap B_3 \cap D_4) = P(A)_1 \cdot P(A_2) \cdot P(B_3) \cdot P(D_4) =$$
$$= 0{,}90112^2 \cdot 0{,}94028 \cdot 0{,}922 = 0{,}758 = 75{,}8\%.$$

În mod asemănător se află probabilitățile corespunzătoare tuturor posibilităților de împărțire a celor 20 mașini-unelte pe 4 grupe de cîte cel mult 6.

În tabelul următor se află toate aceste posibilități cu probabilitățile respective trecute în ultima coloană:

Posibilitățile	Număr grupe de cîte					Probabilitățile
	6	5	4	3	2	
$A_1 \cap A_2 \cap A_3 \cap E_4$	3	—	—	—	1	73 %
$A_1 \cap A_2 \cap B_3 \cap D_4$	2	1	—	1	—	75,8%
$A_1 \cap A_2 \cap C_3 \cap C_4$	2	—	2	—	—	76%
$A_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap C_4$	1	2	1	—	—	77,7%
$B_1 \cap B_2 \cap B_3 \cap B_4$	—	4	—	—	—	78,7%

Se observă că cea mai bună repartizare a celor 20 mașini-unelte în condițiile cerute de problemă este aceea făcută în mod egal, fiecare muncitor avînd în grijă cîte 5 mașini-unelte.

10. Într-o secție de prelucrări mecanice este folosită o mașină-unealtă automată de mare productivitate. Prin cercetări adecvate, s-a constatat că probabilitatea defectării echipamentului tehnologic al mașinii respective într-un interval de timp dat este $p = 0{,}2$. Pentru exploatarea intensivă a mașinii-unelte respective se stabilește să se construiască prealabil un număr suficient de echipamente tehnologice similare, astfel ca la defectarea primului să fie înlocuit cu al doilea, din stocul de rezervă, la rîndul lui dacă se defectează al doilea să fie înlocuit cu al treilea și așa mai departe. Să se determine numărul minim de echipamente tehnologice ce trebuie să existe în stocul de rezervă, astfel încît cu o probabilitate de cel puțin 0,999 să nu se întrerupă lucrul.

Rezolvare. Se notează cu A_0 evenimentul care constă din faptul că echipamentul tehnologic ce lucrează inițial se defectează în timpul dat. De asemenea, se notează cu A_i evenimentul care constă în faptul că echipamentul tehnologic de ordin i, scos din stocul de rezervă și pus în exploatare se defectează în aceeași perioadă de timp. Conform problemei avem: $P(A_0) = p = 0{,}2$; $P(A_i) = p = 0{,}2$, pentru $i = 1, 2, 3, \ldots$, (teoretic o infinitate de valori numărabile). Se notează de asemenea probabilitățile evenimentelor contrare prin q: $P(\bar{A}_0) = P(\bar{A}_i) = q = 1 - p = 0{,}8$. Fie X o variabilă aleatoare egală cu numărul de echipamente tehnologice folosite din stocul de rezervă. Această variabilă poate lua teoretic orice valoare întreagă, începînd de la zero, egală cu probabilitățile pe care le vom calcula. Pentru ca variabila să ia valoarea zero, adică să nu se folosească nici un echipament tehnologic de rezervă, trebuie ca echipamentul tehnologic din exploatare să nu se defecteze, eveniment care are loc cu probabilitatea: $P(X = 0) = P(\bar{A}_0) = q$. Pentru ca variabila să ia valoarea unu, trebuie ca echipamentul tehnologic inițial să se defecteze, iar primul echipament tehnologic de rezervă să nu se defecteze, deci:

$P(X = 1) = P(A_0 \cap A_1) = P(A_0) \cdot P(\bar{A}_1) = p \cdot q$. La fel, pentru a se produce evenimentul $X = 2$, trebuie să se defecteze atît echipamentul tehnologic inițial, cît și primul folosit din stocul de rezervă, iar al doilea

nu: $P(X = 2) = P(A_0 \cap A_1 \cap A_2) = P(A_0) \cdot P(A_1) \cdot P(A_2) = p^2 \cdot q$. Raționînd în mod asemănător, se obține distribuția variabilei aleatoare:

$$X\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & \dots & n \\ q & p \cdot q & p^2 \cdot q & p^3 \cdot q & \dots & p^n \cdot q \end{pmatrix}$$

Această variabilă poate lua o infinitate numărabilă de valori. Verificarea calculului se face folosind formula de calcul a sumei unei progresii geometric descrescătoare cu o infinitate de termeni:

$$p + p \cdot q + p^2 \cdot q + p^3 \cdot q + \dots + p^n \cdot q = \frac{q}{1-p} = \frac{1-p}{1-p} = 1.$$

Trebuie găsit un număr N, astfel încît cu o probabilitate mai mare decît 0,999, numărul de echipamente tehnologice folosite din stocul de rezervă să fie mai mic sau egal cu N. În acest caz, este suficient ca în stocul de rezervă să existe atîtea echipamente tehnologice, pentru ca condițiile problemei să fie îndeplinite. Va trebui deci rezolvată inecuația în care N este necunoscuta:

$$P(X \leqslant N) > 0{,}999$$

Calculăm la în eput partea stîngă a inegalității:

$$P(X \leqslant N) = q + p \cdot q + p^2 \cdot q + \dots + p^n \cdot q = \frac{p^{N+1} \cdot q - q}{p-1} = \frac{q(p^{N+1}-1)}{p-1} =$$

$$= \frac{(1-p)(p^{N+1}-1)}{p-1} = 1 - p^{N+1}.$$

Inecuația devine deci: $1 - p^{N+1} < 0{,}999$, de unde rezultă: $p^{N+1} < 0{,}001$. Ținînd seama de valoarea lui p, prin logaritmare, rezultă $N > 3{,}3$; deci cea mai mică valoare acceptabilă pentru N este 4. Prin urmare este suficient ca în stocul de rezervă să existe 4 echipamente tehnologice pentru ca cu o probabilitate mai mare de 0,999 (risc mai mic decît 1%) lucrul să nu se întrerupă la operația tehnologică considerată.

11. Un ajustaj este supus asamblării selective în două grupe de precizie. Atît piesa arbore cît și piesa alezaj sînt realizate în proporții egale de cîte 50% în ambele grupe de precizie.

Pentru separarea pieselor pe grupe de precizie se pot folosi două procedee: unul în timpul lucrului și unul la început. În timpul lucrului, la formarea unui ajustaj, se ia la întîmplare o piesă arbore și o piesă alezaj și dacă sînt din aceeași grupă de precizie, se efectuează îmbinarea, în caz contrar se face o nouă alegere pentru piesa arbore sau alezaj. Se știe că timpul a 10 încercări nereușite este egal cu timpul necesar efectuării unei îmbinări corecte. De asemenea, separarea inițială a pieselor arbore și pieselor alezaj pe grupe de precizie necesită a zecea parte din întregul timp de lucru. În aceste condiții, se cere să se determine dacă separarea pieselor pe grupe de precizie la începutul lucrului este mai rentabilă decît separarea lor în timpul lucrului.

Rezolvare. Se examinează la început cazul separării pieselor în timpul lucrului. Fie A și B evenimentele ce constau în faptul că extragerea unei piese alezaj la întîmplare, aceasta face parte din prima grupă de precizie, respectiv a doua. De asemenea, fie C și D evenimentele ca la extragerea unei piese arbore, aceasta face parte din prima grupă de precizie, respectiv a doua. Evenimentul X, ca o extragere dublă (o piesă arbore și o piesă alezaj) să fie reușită, se scrie sub forma :

$$X = (A \cap C) \cup (B \cap D)$$

Se observă ușor că evenimentele sînt incompatibile și independente, deci:

$$P(X) = P(A) \cdot P(C) + P(B) \cdot P(D).$$

În problemă se precizează că $P(A) = P(B) = P(C) = P(D) = 0{,}50$ și deci,

$$P(X) = 0{,}5 \cdot 0{,}5 + 0{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}5.$$

În consecință, se poate considera că la fiecare sută de încercări aproximativ 50% sînt reușite. Considerînd ca unitate de timp timpul necesar efectuării unei asamblări corecte, la fiecare sută de încercări se folosesc 50 unități de timp efectiv pentru asamblare și încă 5 unități de timp pentru încercările nereușite. Astfel, timpul folosit efectiv pentru asamblare reprezintă $50/55 = 0{,}91 = 91\%$. În cazul separării inițiale a pieselor pe grupe de precizie, timpul de lucru folosit efectiv pentru asamblare este de 90%, ceea ce duce la concluzia că separarea pieselor în timpul lucrului prezintă un ușor avantaj în comparație cu separarea pieselor la începutul lucrului.

3.3. Aplicații ale distribuțiilor variabilelor aleatoare continue în tehnologia construcției de mașini

12. După ieșirea din reparație capitală o mașină de rectificat exterior este supusă testării statistico-matematice pentru a i se determina posibilitățile tehnologice de precizie. În acest scop, este echipată tehnologic și reglată la condițiile de prelucrare la care se consideră că trebuie exploatată în producție. Se supun prelucrării 128 epruvete. Măsurarea dimensiunilor obținute se face cu un pasametru reglat prealabil la dimensiunea de 50 mm. Mărimea abaterilor, în μm, de la dimensiunea de 50 mm sînt trecute în ordinea crescătoare în tabelul 3.1. Considerînd că distribuția abaterilor se supun legii normale de distribuție, se cere să se determine toleranța tehnologică minimă admisibilă la cota considerată.

Rezolvare. Pentru ca sistemul tehnologic să corespundă din punctul de vedere al preciziei este necesar să fie îndeplinită condiția, $T \geqslant 6 \cdot \sigma$, în care T reprezintă toleranța tehnologică, iar σ — abaterea medie pătratică a distribuției erorilor rezultate la prelucrare.

Ca atare, folosind relațiile (3.3) și (3.4) rezultă că $\bar{x} = a = -18{,}35$ μm și $\sigma = 10{,}2$ μm. Prin urmare, toleranța tehnologică minimă este $T = 6 \cdot \sigma = 6 \cdot 10{,}2 \approx 60$ μm.

13. În condițiile exemplului 12 se cere reprezentarea grafică a histogramei, poligonului frecvențelor absolute și curba frecvențelor relative cumulate

Rezolvare. În vederea reprezentării grafice, valorile abaterilor din tabelul 3.1 se împart în 12 clase, corespunzător unor intervale de 5 μm. Se determină pentru fiecare clasă frecvența absolută și frecvența relativă. Datele obținute sînt concretizate în tabelul 3.2. În ultima coloană s-a trecut frecvența relativă cumulată.

Tabelul 3.1

Valorile abaterilor obținute în urma măsurării lotului de piese, în ordinea crescătoare a dimensiunilor

Numărul de ordine al valorilor ordonate											Suma
–	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	–
0	–	−47	−44	−41	−41	−40	−38	−37	−36	−35	− 359
1	−34	−34	−34	−33	−31	−31	−31	−30	−30	−29	− 317
2	−29	−29	−28	−27	−27	−27	−27	−26	−26	−26	− 272
3	−25	−25	−25	−25	−25	−24	−24	−23	−23	−23	− 242
4	−23	−22	−22	−22	−21	−21	−21	−21	−20	−20	− 213
5	−20	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−18	−18	−18	− 188
6	−18	−17	−17	−17	−17	−17	−17	−16	−16	−16	− 168
7	−16	−16	−16	−16	−16	−15	−15	−15	−15	−15	− 155
8	−15	−15	−15	−14	−14	−14	−14	−14	−14	−13	− 142
9	−13	−13	−13	−12	−12	−12	−12	−11	−11	−11	− 120
10	−10	−10	−10	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 9	− 93
11	− 8	− 8	− 8	− 8	− 7	− 7	− 7	− 6	− 6	− 6	− 71
12	− 6	− 3	− 3	− 3	− 2	+ 1	+ 1	+ 3	+ 7	–	− 7
Suma totală a abaterilor											−2 347

Obs. Mărimea abaterilor este dată în microni de la dimensiunea nominală de 50 mm. Exemplu de citire a tabelului: piesa nr. 35 are abaterea de la dimensiunea nominală de −24 μm.

Tabelul 3.2

Repartizarea valorilor abaterilor obținute la măsurarea lotului de piese, pe clase

Nr. clasei	Intervalul de dimensiuni al clasei, (μm)		Dimensiunea medie a intervalului (μm)	Frecvența absolută m_i	Frecvența relativă $f_i = \frac{m_i}{n}$	Frecvența relativă cumulată Σf_i
	de la	la				
1	−50	−46	−48	1	0,0078	0,0078
2	−45	−41	−43	3	0,0236	0,0314
3	−40	−36	−38	4	0,0312	0,0626
4	−35	−31	−33	8	0,0625	0,1251
5	−30	−26	−28	13	0,1030	0,2281
6	−25	−21	−23	18	0,1405	0,3686
7	−20	−16	−18	27	0,2102	0,5788
8	−15	−11	−13	25	0,1942	0,7730
9	−10	− 6	− 8	21	0,1644	0,9374
10	− 5	− 1	− 3	4	0,0312	0,9686
11	0	+ 4	+ 2	3	0,0236	0,9922
12	+ 5	+ 9	+ 7	1	0,0078	1,0000
Total				128	1,0000	

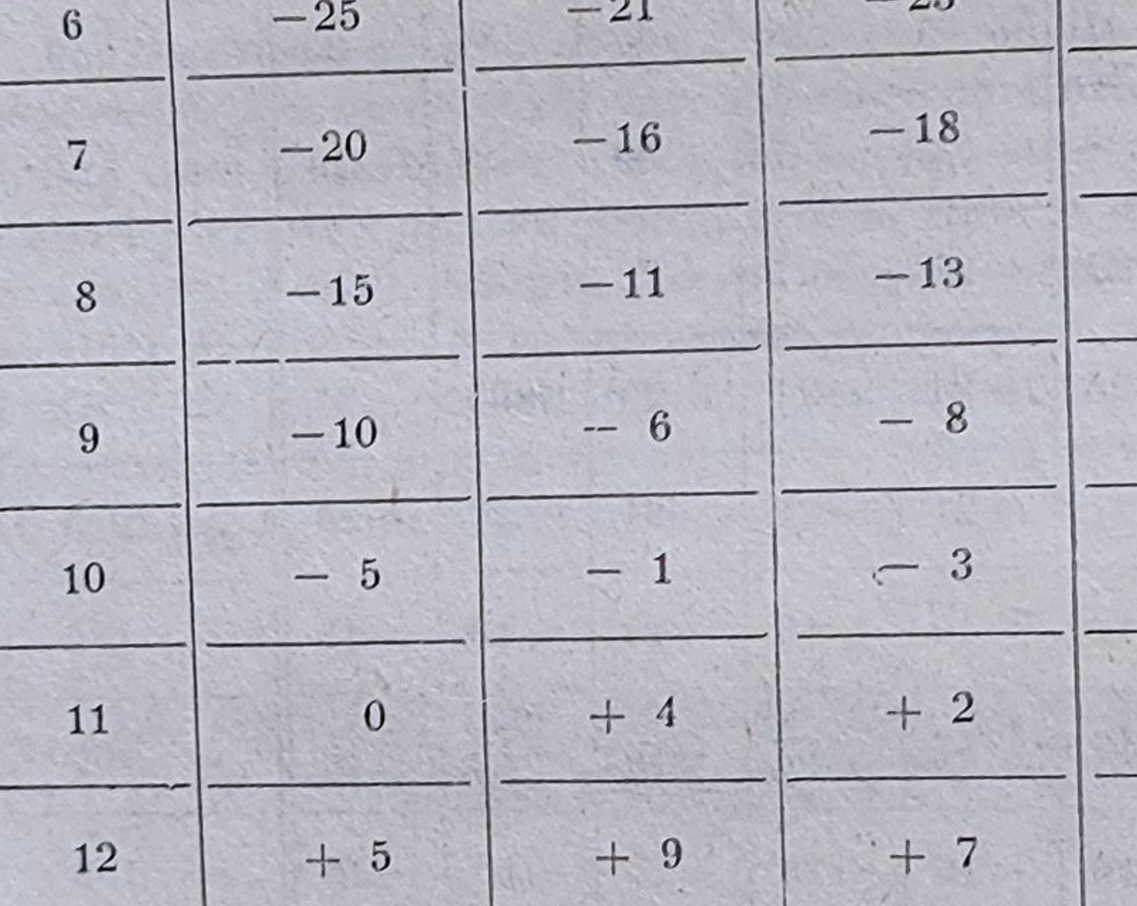


Fig. 3.10

În figura 3.10 se prezintă histograma și poligonul frecvențelor absolute, iar în figura 3.11 se prezintă curba frecvențelor relative cumulate, care după cum se observă reprezintă însăși funcția de repartiție a distribuției erorilor rezultate la prelucrare.

14. În condițiile exemplului 12 să se verifice cu ajutorul criteriului $\varkappa^2$ (HI-pătrat) normalitatea distribuției datelor experimentale.

Rezolvare. Fie n numărul total al valorilor observate, care se grupează în k grupe: m_1, m_2, $m_3 \dots m_k$, numărul valorilor corespunzătoare grupelor respective, astfel că:

$$p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_k = 1.$$

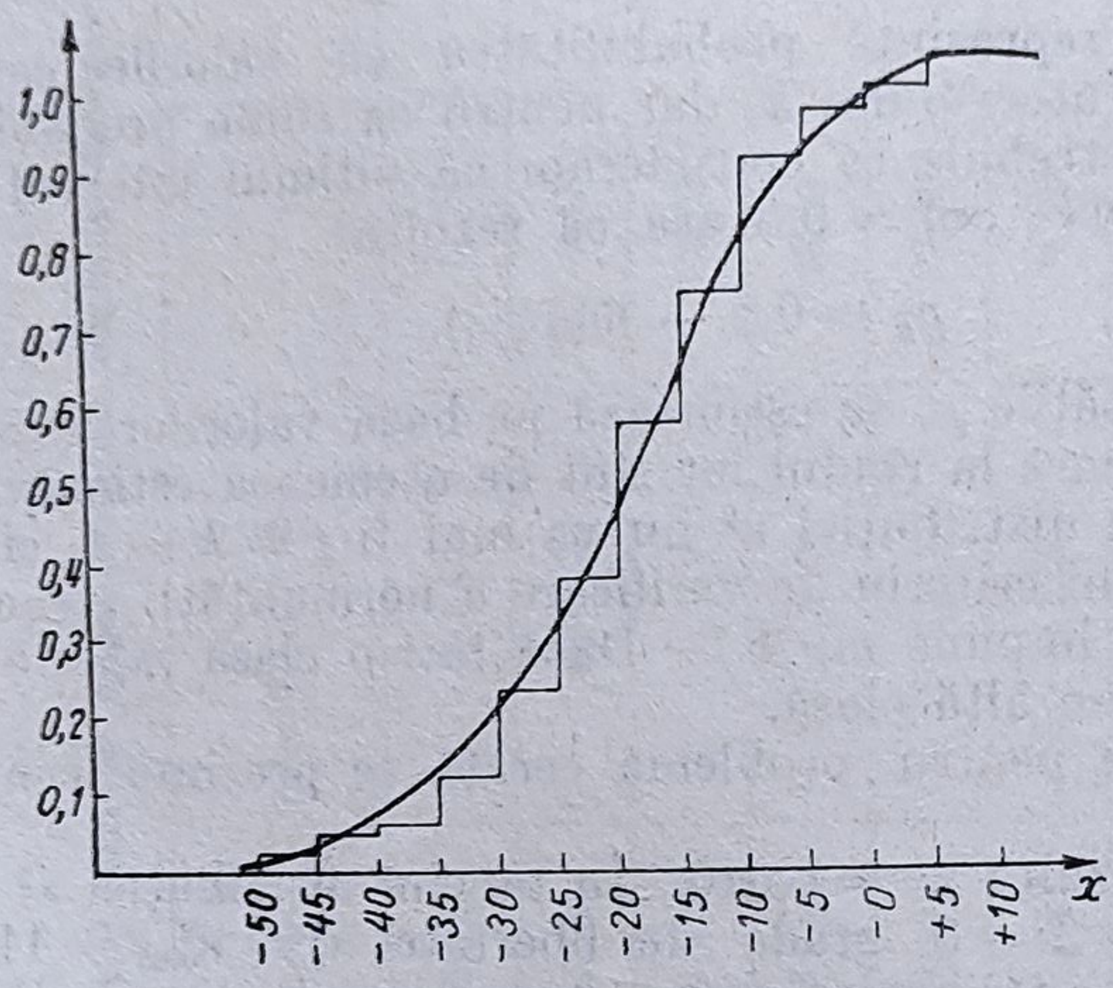


Fig. 3.11

Se poate demonstra că,

$$\sum_{i=1}^{k} \frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i} = x^2,$$

urmează legea de distribuție $\varkappa^2$ cu $f = k - 1$ grade de libertate.

Dacă ipoteza normalității distribuției datelor experimentale este adevărată, atunci mărimea $\varkappa^2$ determinată cu relația de mai sus nu va depăși o valoare dată (tabelată) $\varkappa^2_q$, corespunzătoare nivelului de semnificație q și aceluiași număr de grade de libertate. Nivelul de semnificație se alege astfel încît posibilitatea ca $\varkappa^2 > \varkappa^2_q$ pentru alte serii de valori să fie practic imposibilă. De obicei, în practica uzinală se adoptă $q = 0{,}05$.

În general, la aplicarea acestui criteriu de verificare a normalității probabilitățile p_1, p_2, p_3, ... , p_k nu sînt cunoscute și trebuie estimate pe baza datelor experimentale din cercetarea considerată.

Estimarea probabilităților p_i se face cu relația:

$$p_i = \mathrm{F}(x_i) - \mathrm{F}(x_{i-1}) = \Phi(z_i) - \Phi(z_{i-1}),$$

în care: x_i este dimensiunea maximă a clasei i; x_{i-1} — dimensiunea maximă a clasei $i - 1$; $\Phi(z_i)$ — valoarea tabelată a funcției Laplace, corespunzătoare dimensiunilor maxime ale claselor:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad \text{și} \quad z_{i-1} = \frac{x_{i-1} - \bar{x}}{\sigma}.$$

Unele particularități intervin la determinarea probabilităților primei și ultimei grupe p_1, respectiv p_k.

Probabilitatea p_1 reprezintă probabilitatea ca valoarea caracteristicii cercetate să capete valori mai mici sau cel mult egale cu x_1; prin urmare, limita inferioară a acestui interval se consideră $-\infty$, însă cum $\Phi(-\infty) = -\Phi(+\infty) = -0{,}5$, rezultă:

$$p_1 = \Phi(z_1) - (-0{,}5) = \Phi(z_1) + 0{,}5.$$

De asemenea p_k reprezintă probabilitatea ca valorile caracteristicii cercetate să aparțină intervalului k, dar pentru ca suma probabilităților să fie egală cu unitatea, trebuie să considerăm că ultimul interval are limita superioară $+\infty$. Or, $\Phi(+\infty) = 0{,}5$ așa că rezultă:

$$p_k = 0{,}5 - \Phi(z_{k-1}).$$

Întrucît probabilitățile p_i se estimează pe baza valorilor experimentale și depind de $\bar{x}$ și σ, care la rîndul lor sînt de asemenea estimații, numărul gradelor de libertate a distribuției χ^2 nu va mai fi $f = k - 1$, ci $f = k-3$.

La aplicarea acestui criteriu de verificare a normalității trebuie avut în vedere și faptul că se impune $m_i \geqslant 5$. Dacă într-o clasă $m_i < 5$ se adună valorile respective într-o altă clasă.

Calculele efectuate pentru problema cerută se prezintă centralizat în tabelul 3.3.

Din tabelul 3.3 rezultă $\chi^2 = 6{,}010$. În tabelul distribuției χ^2 se găsește pentru $f = k-3 = 8-3 = 5$ grade de libertate $\chi^2_q = \chi^2_{0{,}05} = 11{,}1$. Întrucît $\chi^2 < \chi^2_q$, rezultă că distribuția datelor experimentale din tabelul 3.3 este normală.

15. De asemenea, în condițiile exemplului 12, dacă se consideră că erorile rezultate se referă la o dimensiune cotată $50-^{0{,}04}$ mm, să se determine fracțiunea defectă reală și fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală.

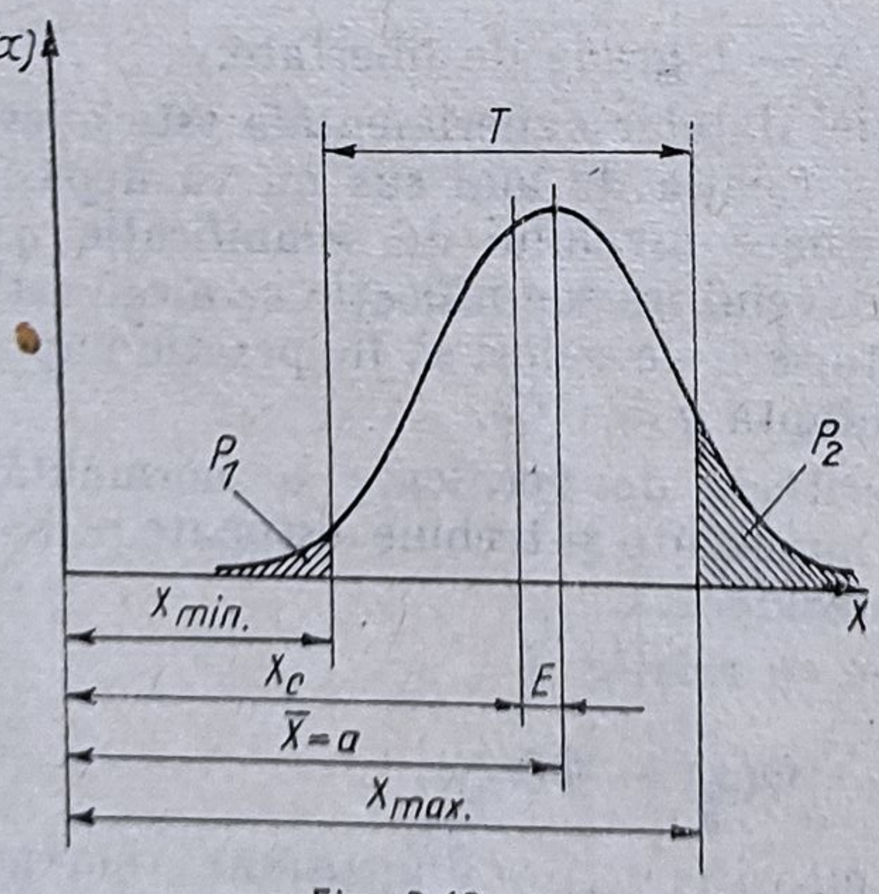


Fig. 3.12

Rezolvare. Se consideră reprezentarea grafică din figura 3.12, în care: x_{min} este dimensiunea minimă a piesei de prelucrat, dată în documentația tehnologică; x_{max} este dimensiunea maximă a piesei de prelucrat; x_c — cota mijlocului cîmpului de toleranță; T — cîmpul de toleranță; $\bar{x}$ — valoarea medie a distribuției datelor experimentale; p_1, p_2 — procentul (fracțiunea) de piese defecte cu dimensiuni mai mici decît dimensiunea minimă admisibilă, respectiv mai mari decît dimensiunea maximă admisibilă.

a) Fracțiunea defectă reală p se determină însumînd p_1 și p_2 (determinate separat) astfel:

$$p_1 = 0{,}2 + \Phi(z_1)$$

Tabelul 3.3

Valori centralizate pentru verificarea normalității distribuției datelor experimentale obținute la exemplul considerat

Nr. clasei	Limitele intervalelor claselor		m_i	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$	$\Phi(z_i)$	$P_i = \Phi(z_i) - \Phi(z_{i-1})$	$n \cdot p_i$	$(m_i - n \cdot p_i)^2$	$\frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$
	de la	la							
1	$-\infty$	−36	8	−1,70	−0,455	0,045	5,76	5,02	0,872
2	−36	−31	8	−1,24	−0,392	0,066	8,45	0,20	0,026
3	−31	−26	13	−0,75	−0,273	0,119	15,22	4,93	0,324
4	−26	−21	18	−0,26	−0,126	0,147	18,81	0,65	0,034
5	−21	−16	27	+0,23	+0,091	0,217	27,19	0,62	0,022
6	−16	−11	25	+0,72	+0,264	0,173	22,18	7,95	0,360
7	−11	− 6	21	+1,21	+0,387	0,123	15,73	27,35	1,732
8	− 6	$+\infty$	8	—	—	0,110	14,10	37,21	2,640
Total			128	—	—	1,000	—	—	$\chi^2 = 6,010$

în care:

$$z_1 = \frac{X_{min} - \bar{x}}{\sigma} = \frac{-40 + 18{,}35}{10{,}2} = -2{,}17$$

și atunci:

$$p_1 = 0{,}5 + \Phi(-2{,}17) = 0{,}5 - \Phi(2{,}17) = 0{,}5 - 0{,}485 = 0{,}015$$

$$p_2 = 0{,}2 - \Phi(z_2)$$

în care:

$$z_2 = \frac{X_{max} - \bar{x}}{\sigma} = \frac{0 + 18{,}35}{10{,}2} = 1{,}81$$

și atunci:

$$p_2 = 0{,}5 - \Phi\ (1{,}81) = 0{,}5 - 0{,}465 = 0{,}035.$$

Rezultă deci:

$$p = p_1 + p_2 = 0{,}015 + 0{,}035 = 0{,}05 = 5\%.$$

b) Fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală, va fi:

$$q = 1 - 2 \cdot \Phi(z),$$

unde:

$$z = \frac{x_c - x_{min}}{\sigma} = \frac{x_{max} - x_c}{\sigma} = \frac{T}{2 \cdot \sigma} = \frac{40}{2 \cdot 10{,}2} = 2,$$

deci:

$$q = 1 - 2 \cdot \Phi(2) = 1 - 2 \cdot 0{,}47725 = -1 - 0{,}95450 = 0{,}0455 = 4{,}55\%.$$

16. Dacă aceeași dimensiune din exemplul 12 ar fi cotată $50_{-0{,}07}$ mm, să se determine toleranța de reglaj (eroarea admisibilă) a sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru.

Rezolvare. Valoarea medie $\bar{x}$ din figura 3.12 reprezintă dimensiunea medie de reglaj a sistemului tehnologic la prelucrarea lotului de piese considerat și deci mărimea $E = |\bar{x} - x_c|$ reprezintă eroarea de reglaj a sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru. Dacă se consideră $\bar{x} = x_c$ și $T = 6 \cdot \sigma$, prelucrarea mecanică se face practic fără rebut ($q = 0{,}27\%$). Din aceste considerente se determină toleranța (eroarea admisibilă) de reglare a sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru.

Rezultă:

$$E_{ra} = \frac{T - 6 \cdot \sigma}{2} = \frac{70 - 6 \cdot 10{,}2}{2} = 4{,}4\,\mu m.$$

În condițiile toleranței dimensionale de la exemplul precedent, determinarea toleranței de reglare a sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru avea sens numai dacă se admitea o fracțiune defectă reală mai mare de 4,55%.

17. La operația tehnologică de strunjire a unei piese cu diametrul $2_{-0,1}$ mm pe un strung automat se stabilește necesitatea testării calității prelucrării mecanice în vederea introducerii dirijării statistico-matematice a preciziei de prelucrare. Pentru aceasta, se măsoară cu ajutorul unui micrometru și se grupează în 10 clase dimensionale conform tabelului 3.4, în care x_i reprezintă caracteristica cercetată, iar m_i — frecvența absolută.

Tabelul 3.4

x_i	1,88	1,89	1,90	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97
m_i	3	5	9	12	14	23	15	11	5	3

Să se determine:

a) legea de distribuție a datelor experimentale;
b) fracțiunea reală defectă;
c) fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală.

Rezolvare. a) Pentru determinarea legii de distribuție a datelor experimentale, acestea se reprezintă la început grafic sub formă de histogramă, se compară cu curbele distribuțiilor clasice, se emite ipoteza unei legi de distribuție și apoi se verifică verosimilitatea ipotezei emise.

În figura 3.13 este reprezentată sub formă de bare, histograma distribuției datelor experimentale, pe baza căreia se poate emite ipoteza distribuției normale a datelor experimentale.

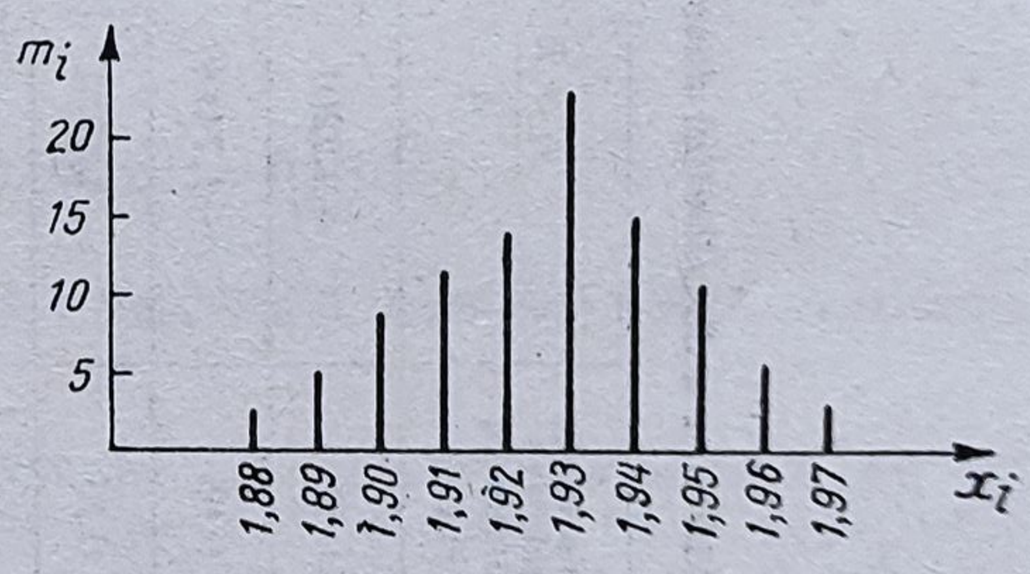


Fig. 3.13

Pentru verificarea ipotezei emise, se va folosi criteriul lui Kolmogorov. Pentru aceasta, se determină mai întîi cu relațiile (3.3) și (3.4), valoarea mediei $\bar{x} = a = 1{,}9264$ mm și abaterea medie pătratică $\sigma = 0{,}0209$ mm.

Se întocmește tabelul 3.5. Din tabelul 3.5 rezultă că $D_n = 0{,}09251$, valoarea cea mai mare a diferenței $|F_n(x_i) - F(x_i)|$.

Luînd un nivel de semnificație $q = 0{,}01$, se determină:

$$K_\lambda = 1 - q = 1 - 0{,}01 = 0{,}99.$$

Din tabelul funcției lui Kolmogorov, pentru valoarea $K = 0{,}99$ rezultă valoarea $\lambda_{0,01} = 1{,}63$. Se calculează raportul,

$$\frac{\lambda_q}{\sqrt{n}} = \frac{1{,}63}{\sqrt{100}} = \frac{1{,}63}{10} = 0{,}163.$$

Întrucît $D_n = 0{,}09251$, rezultat din tabelul 3.5, este mai mic decît $d_n = 0{,}163$, din tabelul funcției lui Kolmogorov, se conclude că distribuția datelor experimentale urmează legea distribuției normale.

Tabelul 3.5

Calculul de verificare a distribuției datelor experimentale din exemplul 17

Nr. crt.	x_i	Frecvența absolută m_i	Frecvența relativă $\frac{m_i}{n}$	Frecvența relativă cumulată. $F_n(x_i)$	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$	$\Phi(z_i)$	$F(x_i) = \frac{1}{2} + \Phi(z_i)$	$D_n = F_n(x_i) - F(x_i)$
1	1,88	3	0,03	0,03	−2,2201	−0,48679	0,01321	0,01679
2	1,89	5	0,05	0,08	−1,7416	−0,45907	0,04093	0,03907
3	1,90	9	0,09	0,17	−1,2631	−0,39617	0,10383	0,06617
4	1,91	12	0,12	0,29	−0,7847	−0,28230	0,21770	0,07230
5	1,92	14	0,14	0,43	−0,3062	−0,12117	0,37828	0,05172
6	1,93	23	0,23	0,66	−0,1722	0,06749	0,56749	0,09251
7	1,94	15	0,15	0,81	0,6507	0,24215	0,74215	0,06785
8	1,95	11	0,11	0,92	1,1292	0,37076	0,87076	0,04924
9	1,96	5	0,05	0,97	1,6076	0,44630	0,94630	0,02370
10	1,97	3	0,03	1,00	2,0861	0,48169	0,98169	0,01831

b) Se determină cu relaţia:

$$p = p_1 + p_2,$$

în care:

$$p_1 = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{\bar{x} - x_{min}}{\sigma}\right) = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{1{,}9264 - 1{,}90}{0{,}0209}\right) = 0{,}5 - \Phi(1{,}26) =$$

$$= 0{,}5 - 0{,}39617 = 0{,}10383$$

şi

$$p_2 = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{x_{max} - \bar{x}}{\sigma}\right) = 0{,}5 - \Phi\left(\frac{2{,}0 - 1{,}9264}{0{,}0209}\right) = 0{,}5 - \Phi(3{,}52) =$$

$$= 0{,}5 - 0{,}499984 = 0{,}000216,$$

de unde rezultă:

$$p = p_1 + p_2 = 0{,}10383 + 0{,}000216 = 0{,}104046 = 10{,}4\%.$$

c) Se determină cu relaţia:

$$q = 1 - 2 \cdot \Phi\left(\frac{T}{2 \cdot \sigma}\right) = 1 - 2\Phi\left(\frac{0{,}1}{2 \cdot 0{,}0209}\right) = 1 - 2 \cdot \Phi(2{,}392) =$$

$$= 1 - 2 \cdot 0{,}49158 = 1 - 0{,}98316 = 0{,}01684 = 1{,}68\%.$$

de unde se constată o reglare incorectă a sistemului tehnologic la dimensiunea de lucru.

18. O bucşă cu diametrul interior $60^{+0{,}06}$ mm, se asamblează pe un arbore după metoda selectării, în patru grupe de precizie. Dacă distribuţia erorilor de prelucrare mecanică finală se supune legii normale de distribuţie, să se determine valoarea procentuală a bucşelor care se găsesc în grupa doua de precizie ştiind că reglarea maşinii-unelte s-a făcut în centrul cîmpului de toleranţă, iar abaterea medie pătratică este $\sigma = 10 \mu m$.

Rezolvare. Din datele problemei rezultă că valoarea medie $\bar{x} = 30$ μm şi $\sigma = 10$ μm. De asemenea, rezultă că dacă bucşele se sortează în patru grupe de precizie acestea vor avea limitele în raport cu dimensiunea de 60 mm astfel, grupa 1 între zero şi 15 μm; grupa a 2-a între 15 μm şi 30 μm; grupa a 3-a între 30 μm şi 45 μm şi grupa a 4-a între 45 μm şi 60 μm. Deci se pune problema a se găsi bucşele care la măsurare se situează în domeniul $D^{+0{,}030}_{+0{,}015}$ mm. Pentru aceasta se foloseşte relaţia (3.9) şi rezultă:

$$p(15 \leqslant x < 30) = \Phi\left(\frac{30 - 30}{10}\right) - \Phi\left(\frac{15 - 30}{10}\right) = (0) - \Phi(-1{,}5) =$$

$$= \Phi(1{,}5) = 0{,}4332 = 43{,}32\%.$$

19. Fusul unui arbore cu diametrul $60_{-0,06}$ mm este prelucrat final prin rectificare. Știind că mașina de rectificat a fost reglată la mijlocul cîmpului de toleranță și distribuția erorilor de prelucrare se supune legii normale de distribuție cu abaterea medie pătratică $\sigma = 12$ μm, să se determine fracțiunea defectă reală a pieselor prelucrate.

R: $p = 1{,}24\%$.

20. Considerînd exemplul precedent, să se determine:

a) care trebuie să fie toleranța diametrului astfel ca fracțiunea defectă să fie $p = 0{,}1\%$;

b) să se determine procentul de piese care depășesc cota 60,018 mm.

R: a) $60^{+0,01}_{-0,07}$ mm; b) $p = 0{,}006\%$.

21. A fost supusă analizei statistice precizia dimensională obținută la operația tehnologică de prelucrare mecanică prin rectificare a unui lot de arbori la diametrul $D^{-0,12}_{-0,28}$ mm. În urma prelucrării statistice a datelor experimentale a rezultat valoarea medie $\bar{x} = 26{,}796$ mm și abaterea medie pătratică $\sigma = 0{,}025$ mm. Să se determine:

a) fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală;

b) fracțiunea defectă reală;

c) toleranța de reglare.

R: a) $q = 0{,}138\%$; b) $p = 0{,}157\%$; c) $E_{ra} = 0{,}005$ mm.

22. Se supune cercetării statistice ovalitatea rezultată în urma rectificării exterioare a unui tip de inele de rulmenți. Folosindu-se metoda selecțiilor mari, au fost extrase din producția curentă 227 inele prelucrate. Rezultatele obținute în urma măsurării ovalității sînt trecute în tabelul 3.6, în care x_i reprezintă caracteristica cercetată (ovalitatea) iar m_i — frecvența absolută.

Tabelul 3.6

x_i	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
m_i	6	55	87	52	17	5	3	1	1

Să se determine:

a) legea de distribuție a erorilor rezultate la prelucrarea mecanică;

b) fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic dacă se impune că ovalitatea maximă admisibilă este $x_{max} = 0{,}06$ mm.

Rezolvare. a) Pentru stabilirea legii de distribuție a erorilor de prelucrare se trasează histograma, se determină valoarea medie și abaterea medie pătratică, se emite ipoteza apropierii de o distribuție teoretică și apoi se verifică.

Se determină valoarea medie, analog determinării acestui parametru statistic la distribuția normală cu relația (3.3) și rezultă $\bar{x} = 0{,}025$ mm.

Se determină abaterea medie pătratică σ_x, analog determinării acestui parametru statistic la distribuția normală cu relația (3.4) de unde rezultă $\sigma_x = 0{,}012$ mm.

Pe baza reprezentării grafice din figura 3.14 se emite ipoteza că distribuția urmează legea distribuției strict pozitive bidimensionale.

Se face o primă verificare aproximativă cu ajutorul relațiilor (3.57) și (3.58). Astfel, media teoretică fiind:

$$M(x) = a = 1{,}253 \cdot \sigma_0 =$$

$$= 1{,}253 \cdot \frac{\sigma_x}{0{,}655} = 1{,}913 \cdot \sigma_x =$$

$$= 1{,}913 \cdot 0{,}012 = 0{,}0233,$$

se observă că se apropie de valoarea medie experimentală care a rezultat $\bar{x} = 0{,}025$ mm.

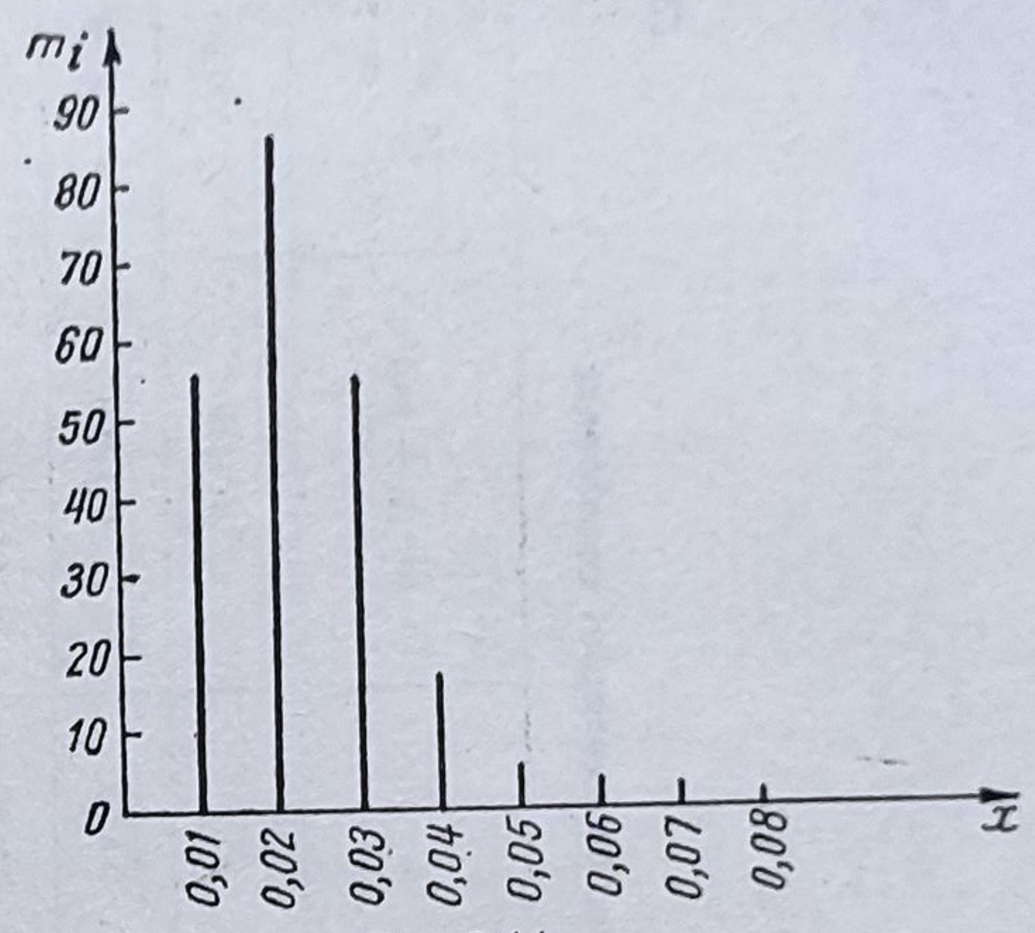


Fig. 3.14

Dacă se consideră că această verificare nu este concludentă, se aplică criteriul χ^2 la fel ca în cazul distribuției normale. Calculele sînt centralizate în tabelul 3.7 în care funcția $F(z)$ este analoagă funcției $\Phi(z)$ a lui Laplace. Rezultă $\chi^2 = 11{,}31$. Dacă se consideră nivelul de încredere $\alpha = 0{,}025$ din tabelul funcției χ^2, rezultă pentru același număr de grade de libertate $f = K - 2 = 7 - 2 = 5$; $\chi^2_{0{,}025} = 12{,}8$. Valoarea obținută prin calcul fiind mai mică decît cea tabelară, atestă justețea ipotezei distribuției strict pozitive bidimensionale a erorilor de prelucrare.

b) Fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală se determină cu relația:

$$q = 1 - F(z)$$

și întrucît,

$$z = \frac{x_{max}}{\sigma} = \frac{0{,}06}{0{,}012} = 2{,}60$$

$$q = 1 - F(2{,}60) = 1 - 0{,}965960 = 0{,}03404 = 3{,}4\%.$$

23. Se supune cercetării statistice bătaia radială a unui inel de rulment rezultată în urma operației tehnologice de strunjire. Rezultatele măsurării unui lot de 300 inele de rulmenți sînt prezentate în coloanele 1, 2 și 3 din tabelul 3.8. Se cere:

a) să se verifice cu ajutorul criteriului lui Kolmogorov dacă distribuția erorilor experimentale se supune legii de distribuție strict pozitive tridimensionale;

b) să se determine fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic în starea sa actuală, dacă bătaia maximă admisibilă este $x_{max} = 0{,}15$ mm.

Rezolvare. a) Pe baza datelor din tabelul 3.8 se determină valoarea medie $\bar{x} = 0{,}0795$ și abaterea medie pătratică $\sigma_x = 0{,}0338$. De asemenea și în acest caz se poate face o verificare aproximativă cu ajutorul relațiilor

Tabelul 3.7

Valori centralizate pentru verificarea ipotezei de calcul la exemplul considerat

Nr clasei	Limitele intervalelor	m_i	z_i	$F(z_i)$	Probabilitățile intervalelor p_i	$n \cdot p_i$	$(n \cdot p_i - m_i)^2$	$\frac{(n \cdot p_i - m_i)}{n \cdot p_i}$
1	0,000—0,005	6	0,27	0,0357	0,0357	8,10	4,4100	0,54
2	0,005—0,015	55	0,81	0,2796	0,2349	55,37	0,1369	0,00
3	0,015—0,025	87	1,34	0,5924	0,3128	71,00	256,0000	3,61
4	0,025—0,035	52	1,88	0,8292	0,2368	53,75	3,0625	0,05
5	0,035—0,045	17	2,42	0,9465	0,1173	26,63	92,7369	3,48
6	0,045—0,055	5	2,96	0,9875	0,0410	9,31	18,4900	1,99
7	0,055—0,085	5	4,57	1,0000	0,0125	2,84	4,6656	1,64
Total		227	—	—	1,0000	227,00	—	11,31

Tabelul 3.3

TABEL CENTRALIZATOR
cu rezultatele de calcul pentru exemplul 23

Nr. crt.	Bătaia radială x_i	Limitele intervalelor m_i	m_i	$x_i \cdot m_i$	$x_i^2 \cdot m_i$	z_i	$2 \cdot H(z)$	$2 \cdot n \cdot H(z)$	m_i - cum	$D = 2 \cdot n \cdot H(z) - m_i$-cum
1	0,00	0,000—0,005	1	0	0	0,10	0,00028	0,09	1	—0,91
2	0,01	0,005—0,015	2	0,02	0,0002	0,30	0,00698	2,23	3	—0,77
3	0,02	0,015—0.025	8	0,16	0,0032	0,50	0,03082	9,86	11	—1,14
4	0,03	0,025—0,035	14	0,42	0,0126	0,70	0,07846	25,11	25	+0,11
5	0,04	0,035—0,045	22	0,88	0,0352	0,90	0,14290	45,73	47	—1,27
6	0,05	0,045—0,055	33	1,65	0,0825	1,10	0,24928	79,77	80	—0,33
7	0,06	0,055—0,065	39	2,34	0,1404	1,29	0,35506	113,62	119	—5,38
8	0,07	0,065—0,075	37	2,59	0,1813	1,49	0,47205	151,06	156	—4,94
9	0,08	0,075—0,085	34	2,72	0,2176	1,69	0,58566	187,41	190	—2,59
10	0,09	0,085—0,095	31	2,79	0,2511	1,89	0,68844	220,30	221	—0,70
11	0,10	0,095—0,105	29	2,90	0,2900	2,09	0,77568	248,22	250	—1,78
12	0,11	0,105—0,115	21	2,31	0,2541	2,29	0,84526	270,48	271	+0,52
13	0,12	0,115—0,125	17	2,04	0,2448	2,49	0,89772	287,27	288	—0,73
14	0,13	0,125—0,135	12	1,56	0,2028	2,69	0,93524	299,28	300	—0,72
15	0,14	0,135—0,145	8	1,12	0,1568	2,89	0,96072	307,43	308	—0,57
16	0,15	0,145—0,155	5	0,75	0,1125	3,09	0,97718	312,70	313	—0,30
17	0,16	0,155—0,165	3	0,48	0,0768	3,29	0,98729	315,93	316	—0,07
18	0,17	0,165—0,175	2	0,34	0,0578	3,49	0,99316	317,81	318	—0,19
19	0,18	0,175—0,185	1	0,18	0,0324	3,69	0,99652	318,89	319	—0,11
20	0,19	0,185—0,195	1	0,19	0,0361	3,88	0,99823	319,43	320	+0,57
Total			320	25,44	2,3382					

(3.68) și (3.69) de unde rezultă $M(x) = a = 0{,}0801$. Însă, prin problemă se cere aplicarea criteriului Kolmogorov. Calculele sînt prezentate în tabelul 3.8. În coloana a 10-a se caută diferența cea mai mare în valoare absolută, $D_{max} = 5{,}38$. Aceasta se compară cu mărimea corespunzătoare lui $n = 320$ și $q = 0{,}05$, adică $d_n = 1{,}36 \cdot \sqrt{320} = 24{,}33$. Cum $D_{max} = 5{,}38 < d_n = 24{,}33$, se conclude că ipoteza este justă și deci bătaia radială este o caracteristică strict pozitivă și urmează legea (3.64).

b) Fracțiunea defectă proprie sistemului tehnologic se determină cu relația:

$$q = 1 - 2 \cdot H(z) = 1 - 2 \cdot H\left(\frac{x_{max}}{\sigma_0}\right) = 1 - 2 \cdot H\left(\frac{0{,}15}{1{,}4849 \cdot \sigma_x}\right) =$$

$$= 1 - 2 \cdot H\left(\frac{0{,}15}{1{,}4849 \cdot 0{,}0338}\right) = 1 - 2 \cdot H(2{,}99) = 1 - 0{,}9699 = 0{,}03 = 3\%.$$

24. În condițiile exemplului precedent, dacă se admite o fracțiune defectă reală de 5% să se determine valoarea abaterii maxime a bătăii radiale.

R: $x_{max} = 0{,}14$ mm.

25. Se supune testării statistico-matematice precizia dimensională rezultată la rectificarea de finisare a unor inele de rulmenți. Impunînd în prealabil eroarea relativă admisibilă pentru valoarea medie $\Delta a = 0{,}02$, eroarea relativă admisibilă pentru abaterea medie pătratică $\Delta\sigma = 0{,}3$. riscul de genul I și riscul de genul II, $\alpha = \beta = 0{,}05$ și coeficientul de variație a parametrului cercetat $C_v = 0{,}03$, să se determine numărul de piese ce trebuie să le cuprindă proba statistică.

Rezolvare. Impunîndu-se prin problemă eroarea relativă admisibilă atît pentru valoarea medie, cît și pentru abaterea medie pătratică, rezultă că numărul de piese din proba statistică trebuie determinat din ambele condiții.

Din punctul de vedere al valorii medii, volumul probei statistice se determină cu relația:

$$n_a = \frac{C_v^2}{(\Delta a)^2}\left(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta}\right)^2$$

iar din punctul de vedere al abaterii medii pătratice, cu relaţia:

$$n_\sigma = 1{,}5 + 0{,}5\left[\frac{z_{1-\beta}(1 + \Delta\sigma) + z_{1-\alpha/2}}{\Delta\sigma}\right]^2,$$

în care z reprezintă variabila lui Laplace, în funcție de riscurile $1 - \alpha/2$, respectiv $1 - \beta$, adoptate. Pentru $1 - \alpha/2 = 1 - 0{,}025 = 0{,}975$, $z_{0{,}975} = 1{,}96$, iar pentru $1 - \beta = 1 - 0{,}05 = 0{,}95$, $z_{0{,}95} = 1{,}64$.

Efectuînd înlocuirile necesare rezultă:

$$n_a = \frac{0{,}03^2}{0{,}02^2}(1{,}96 + 1{,}64)^2 = 29{,}16$$

și respectiv:

$$n_\sigma = 1{,}5 + 0{,}5\left[\frac{1{,}64(1 + 0{,}3) + 1{,}96}{0{,}3}\right] = 75{,}48.$$

Deci, pentru satisfacerea integrală a cerințelor problemei este necesar ca volumul probei statistice să fie $n_o = 76$ piese, întrucît este valoarea cea mai mare.

26. La o operație tehnologică de strunjire se stabilește efectuarea unor încercări experimentale pentru a determina dependența rugozității de suprafață de avansul longitudinal. În acest scop se supun strunjirii 100 epruvete, care se prelucrează cu diferite avansuri, variind de la 0,28 la 0,64 mm/rot și se măsoară rugozitatea. Rezultatele obținute sînt trecute în tabelul 3.9.

Tabelul 3.9

Tabel de corelație pentru valorile experimentale din exemplul 26

$y = Ra$ (μm)	$x = S$(mm/rot)										Total
	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,64	
1,2	1	1									2
1,3	2	6	3	2							13
1,4	1	10	5	4							20
1,5		1	4	3	2						10
1,6			2	1	6	3	4				16
1,7			1	1	2	4	5	3	1		17
1,8					1	1	5	1	1	1	10
1,9						1	1	1	5	1	9
2,0										1	1
2,1									1	1	2
Total	4	18	15	11	11	9	15	5	8	4	100

Să se determine:

a) coeficientul de corelație a rugozității rezultate în raport cu avansul de lucru;

b) intervalul de încredere al coeficientului de corelație;

c) să se verifice liniaritatea dependenței rugozității de suprafață de avansul longitudinal la strunjire;

d) să se reprezinte grafic dreapta de regresie a rugozității de suprafață în funcție de avansul longitudinal.

Rezolvare. a) Coeficientul de corelație se determină cu relația:

$$r = \frac{m_{1/1}}{S_x \cdot S_y},$$

în care: $m_{1/1}$ este momentul central mixt de ordinul doi; S_x, S_y — abaterea medie pătratică a variabilei x, respectiv y.

Momentul centrat de ordinul doi se determină cu relația:

$$m_{1/1} = \frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot x_i \cdot y_j - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot x_i \sum_{j=1}^{k} n_j \cdot y_j\right].$$

Abaterea medie pătratică S_x se determină cu relația:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot x_i\right)^2},$$

iar abaterea medie pătratică S_y, cu relația:

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{j=1}^{k} n_j \cdot y_j^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{j=1}^{k} n_j \cdot y_j\right)^2}.$$

Efectuînd înlocuirile necesare pe baza datelor din tabelul 3.10, rezultă:

$$m_{1/1} = \frac{1}{99}\left(71116 - \frac{4380 \cdot 1581}{100}\right) = 18{,}87$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{99}\left(202\,064 - \frac{4380^2}{100}\right)} = 10{,}16$$

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{99}\left(25\,435 - \frac{1581^2}{100}\right)} = 2{,}11$$

iar coeficientul de corelație este:

$$r = \frac{18{,}87}{10{,}16 \cdot 2{,}11} = 0{,}8801.$$

b) Intervalul de încredere pentru coeficientul de corelație se determină cu relația:

$$r - t_{\alpha;f} \cdot S_r < \rho < r + t_{\alpha;f} \cdot S_r,$$

în care: $t_{\alpha;f}$ reprezintă valoarea tabelată a funcției S t u d e n t, în funcție de nivelul de semnificație α ($\alpha = 0{,}05$) și numărul gradelor de libertate $f(f = n - 2 = 98)$; iar S_r — abaterea medie pătratică a coeficientului de corelație care se determină cu relația:

$$S_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n-1}} = \frac{1 - 0{,}8801^2}{\sqrt{99}} = 0{,}0226$$

(din tabelul funcției de distribuție a lui Student, $t_{0{,}975;\,98} = 1{,}98$).

Efectuînd înlocuirile necesare rezultă:

$$0{,}8801 - 1{,}98 \cdot 0{,}0226 < \rho < 0{,}8801 + 1{,}98 \cdot 0{,}0226$$

sau, după efectuarea calculelor:

$$0{,}835 < \rho < 0{,}925.$$

Calculul coeficientului de corelație pentru exemplul 26 *Tabelul 3.10*

$y_j \times 10$		$x_i \times 10^3$							
		28	32	36	40	44	48	52	56
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
12	1	1	1						
13	2	2	6	3	2				
14	3	1	10	5	4				
15	4		1	4	3	2			
16	5			2	1	6	3	4	
17	6			1	1	2	4	5	3
18	7					1	1	5	1
19	8						1	1	1
20	9								
21	10								
n_i	11	4	18	15	11	11	9	15	5
$n_i \cdot x_i$	12	112	576	540	440	484	432	780	280
$n_i \cdot x_i^2$	13	3 136	18 432	19 440	17 600	21 296	20 736	40 560	15 680
$\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j$	14	53	245	218	160	178	153	258	88
$x_i \sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j$	15	1 456	7840	7 848	6 400	7 832	7 344	13 416	4 928
$\left(\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j\right)^2$	16	2 704	60 025	47 524	25 600	31 684	23 409	66 564	7 744
$\frac{\left(\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j\right)^2}{n_i}$	17	676	3334,72	3 168,27	2 327,27	2 880,36	2 601,00	4 437,60	1 548,80
$\bar{y}_i$	18	13,00	13,61	14,53	14,55	16,18	17,00	17,20	17,60

Tabelul 3.10 (continuare)

$y_i \times 10$		$x_i \times 10^3$		n_j	$n_j \cdot y_j$	$n_j \cdot y_j^2$	$\sum_{i=1}^{m} n_{ij} \cdot x_i$	$y_j \sum_{i=1}^{m} n_{ij} \cdot x_i$	$\left(\sum_{i=1}^{m} n_{ij} \cdot x_i\right)^2$	$\frac{\left(\sum_{i=1}^{m} n_{ij} \cdot x_i\right)^2}{n_j}$	x_j
		60	64								
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	1			2	24	288	60	720	3 600	1 800	30,00
13	2			13	169	2 197	436	5 668	190 096	14 622,77	33,54
14	3			20	280	3 920	688	9 632	473 344	23 667,20	34,40
15	4			10	150	2 250	384	5 730	147 456	14 745,60	38,40
16	5			16	256	4 096	728	11 648	529 984	33 124,00	45,50
17	6	1		17	289	4913	844	14 348	712 336	41 902,12	49,65
18	7	1	1	10	180	3 240	532	9 576	284 089	28 408,90	53,30
19	8	5	1	9	171	3 249	520	9 880	270 400	30 044,44	57,78
20	9		1	1	20	400	64	1 280	4 096	4 096	64,00
21	10	1	1	2	42	882	124	2 604	15 376	7 688	62,00
n_j	11	8	4	100	1 581	25 435	4 380	71 116		1 200 099,03	$\bar{x} = 43,80$
$n_i \cdot x_i$	12	480	256	4 380							
$n_i \cdot x_i^2$	13	28 800	16 384	202 064							
$\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j$	14	51	78	1 581							
$x_i \sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j$	15	9 060	4 992	71 116							
$\left(\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j\right)^2$	16	22 801	6 084								
$\frac{\left(\sum_{j=1}^{k} n_{ij} \cdot y_j\right)^2}{n_i}$	17	2 850,12	1 521,00	25 345,14							
$\bar{y}_i$	18	18,80	19,50	$\bar{y} = 15,81$							

c) Liniaritatea dependenței rugozității de suprafață în funcție de avansul de lucru se verifică cu ajutorul rapoartelor de corelație: $\eta_{Y/x}$ și $\eta_{X/y}$. Dacă, $\eta_{Y/x} - |r| \leqslant (2...3)$. S_r, respectiv $\eta_{X/y} - |r| \leqslant (2...3)$. S_r se conchide că dependența variabilelor este liniară.

Momentele de corelație se determină cu relațiile:

$$\eta_{Y/x} = \frac{S_{\bar{y}/x}}{S_y}$$

și respectiv,

$$\eta_{X/y} = \frac{S_{\bar{x}/y}}{S_x},$$

în care:

$$S_{\bar{y}/x} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{m}\frac{\left(\sum_{j=1}^{k} n_{ij}\cdot y_j\right)^2}{n_i} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k} n_{ij}\cdot y_j\right)^2}{n}\right]}$$

și respectiv,

$$S_{\bar{x}/y} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left[\sum_{j=1}^{k}\frac{\left(\sum_{i=1}^{m} n_{ij}\cdot x_i\right)^2}{n_j} - \frac{\left(\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{m} n_{ij}\cdot x_i\right)^2}{n}\right]}.$$

Introducînd datele din tabelul 3.10 în relațiile de mai sus rezultă:

$$S_{\bar{y}/x} = \sqrt{\frac{1}{99}\left[25\,345{,}14 - \frac{1}{100}\cdot 1581^2\right]} = 1{,}88,$$

respectiv:

$$S_{\bar{x}/y} = \sqrt{\frac{1}{99}\left[200\,099{,}03 - \frac{1}{100}\cdot 4\,380^2\right]} = 9{,}13.$$

În consecință:

$$\eta_{Y/x} = \frac{1{,}88}{2{,}11} = 0{,}891,$$

respectiv:

$$\eta_{X/y} = \frac{9{,}13}{10{,}16} = 0{,}899.$$

Se observă că $\eta_{Y/x} = 0{,}891 \approx \eta_{X/y} = 0{,}899 \approx r = 0{,}880$, fapt ce conduce la concluzia că dependența rugozității de suprafață este liniară în raport cu avansul longitudinal la strunjire.

d) Se scrie ecuația dreptei de regresie:

$$Y = \bar{y} + r\frac{S_y}{S_x}(x - \bar{x}) = a + b\cdot x,$$

unde: $b = r\frac{S_y}{S_x}$ şi $a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$. Parametrul b se numeşte coeficient de regresie.

Pentru determinarea dreptei de regresie se calculează valoarea medie $\bar{x}$ şi $\bar{y}$, apoi funcţia dreptei de regresie:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^{m} n_i \cdot x_i}{n} = \frac{4\,380}{100} = 43{,}80$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^{k} n_j \cdot y_j}{n} = \frac{1\,581}{100} = 15{,}81$$

$$Y = 15{,}81 + 0{,}8801\,\frac{2{,}11}{10{,}16}\,(x - 43{,}80)$$

sau, după efectuarea calculelor: $Y = 7{,}8 + 0{,}183 \cdot x$.

Însă, întrucît variabila Y a fost mărită de zece ori, ecuaţia definitivă a dreptei de regresie va fi: $Y = 0{,}78 + 0{,}183 \cdot x$.

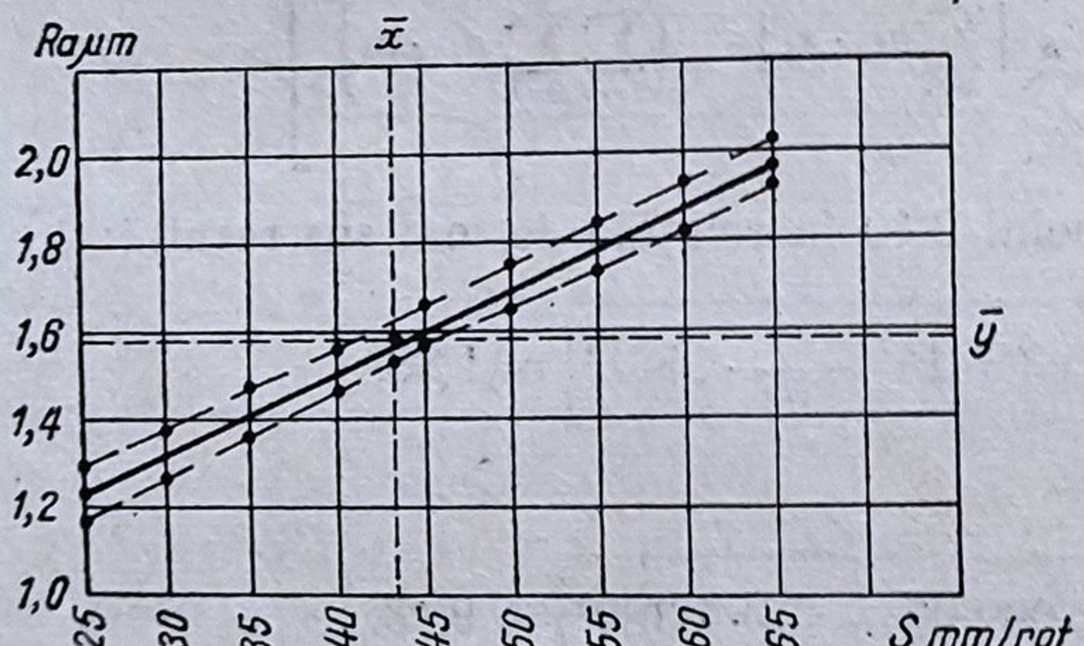


Fig. 3.15

Dar, dacă se efectuează o nouă serie de 100 încercări este puţin probabil că noua dreaptă de regresie să ocupe exact aceeaşi poziţie din figura 3.15. Însă, se poate determina domeniul de variaţie (intervalul de încredere) pentru poziţia pe care o va ocupa orice dreaptă de regresie trasată pentru o nouă serie de încercări.

Dacă notăm cu a_y poziţia teoretică a dreptei de regresie, intervalul de încredere al acesteia se determină cu relaţia:

$$Y - S_{Y/x} \cdot t_{\alpha;f} < a_y < Y + S_{Y/x} \cdot t_{\alpha;f}$$

în care: $t_{\alpha;f}$ reprezintă valoarea tabelată a funcţiei Student, în dependenţă de nivelul de semnificaţie α şi numărul gradelor de libertate $f(f = n - 2)$ iar $S_{Y/x}$ — abaterea medie pătratică a variabilei Y în funcţie de valorile x:

$$S^2_{y/x} = S^2_{y/x}\left[\frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1) \cdot S^2_x}\right].$$

Mersul calculului este prezentat în tabelul 3.11. Ca urmare a calculelor s-a reprezentat pe figura 3.15 domeniul intervalului de încredere pentru dreapta de regresie, marcat prin curbele trasate cu linii întrerupte.

Tabelul 3.11

Determinarea limitelor intervalului de încredere pentru dreapta de regresie, din exemplul 26

$[(n-1)\cdot S_x^2 = 10220;\ t_{\alpha;\,f} = 1{,}98;\ \alpha = 0{,}05;\ f = 98]$

Nr. crt.	x(mm/rot) $\cdot 10^3$	$0{,}183 \cdot x$	$Y = 7{,}8 + 0{,}183 \cdot x$	$x - \bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	$\frac{(x-\bar{x})^2}{(n-1)\cdot S_x^2}$	$S^2_{Y/x}$	$S_{Y/x}$	$S_{Y/x} \cdot t_{\alpha;f}$	$Y - S_{Y/x} \cdot t_{\alpha;f}$	$Y_i + S_{Y/x} \cdot t_{\alpha;f}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	25	4,50	12,37	−18,8	353,44	0,0355	0,0454	0,213	0,42	11,95	12,79
2	30	5,49	13,29	−13,8	190,44	0,0186	0,0285	0,169	0,33	12,96	13,62
3	35	6,40	14,20	− 8,8	77,44	0,0076	0,0176	0,133	0,26	13,94	14,46
4	40	7,32	15,12	− 3,8	14,44	0,0014	0,0114	0,107	0,21	14,91	15,33
5	$\bar{x} = 43{,}8$	8,01	15,81	0,0	0,00	0,0000	0,0100	0,100	0,20	15,61	16,01
6	45	8,23	16,03	1,2	1,44	0,0001	0,0101	0,101	0,20	15,83	16,23
7	50	9,15	16,95	6,2	38,44	1,0038	0,0138	0,117	0,23	16,72	17,18
8	55	10,06	17,86	11,2	125,44	0,0123	0,0223	0,149	0,29	17,57	18,15
9	60	10,98	18,78	16,2	262,44	0,0256	0,0355	0,188	0,37	18,41	19,15
10	65	11,89	19,69	21,2	449,44	0,0439	0,0538	0,232	0,46	19,23	20,15

CAPITOLUL 4

CALITATEA SUPRAFEȚELOR PRELUCRATE

4.1. Introducere

Prelucrarea pieselor de mașini are drept scop obținerea unor produse de calitate, caracterizate prin precizie dimensională, de formă și de poziție reciprocă a suprafețelor, precum și prin calitatea suprafețelor prelucrate.

Noțiunea de *calitate a suprafețelor* cuprinde două aspecte:

— aspectul fizic, definit prin abaterile proprietăților fizico-mecanice ale stratului superficial rezultat în urma prelucrării, față de acelea ale metalului de bază;

— *aspectul geometric*, definit prin microasperitățile de suprafață care formează ceea ce se numește *rugozitatea de suprafață*.

Datorită rolului important pe care îl prezintă în exploatare gradul de netezime a suprafețelor prelucrate, au fost standardizate criterii de măsurare a rugozității de suprafață.

În funcție de geometria părții așchietoare a sculei de lucru și de parametrii regimului de așchiere, se poate determina înălțimea teoretică a asperităților.

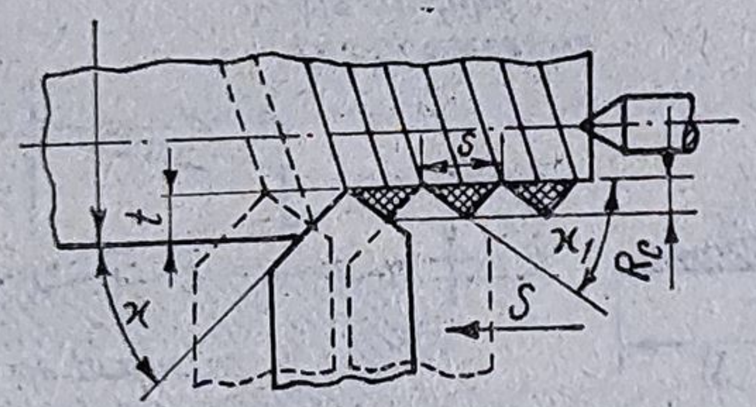
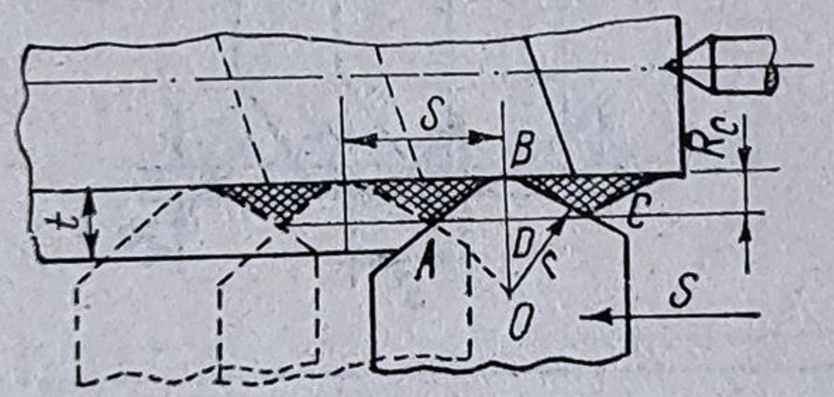
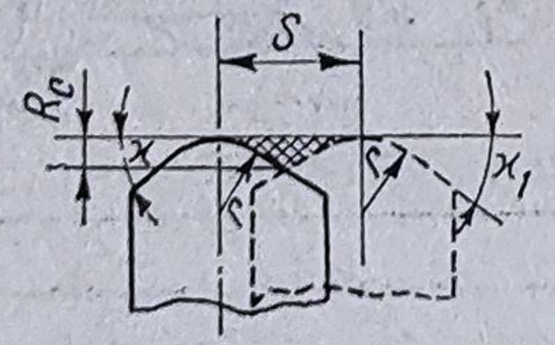
În tabelul 4.1 se prezintă relațiile de calcul ale înălțimii teoretice a rugozității pentru diferite metode de prelucrare mecanică prin așchiere.

4.2. Influența geometriei sculei așchietoare și a parametrilor regimului de așchiere asupra rugozității suprafețelor prelucrate

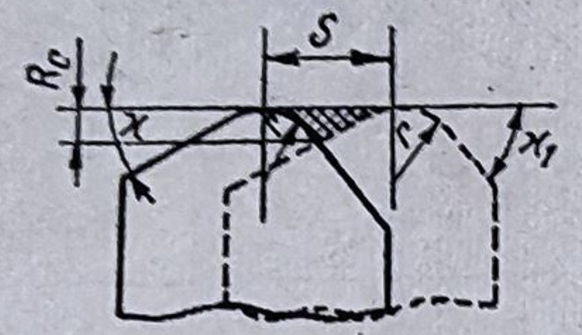
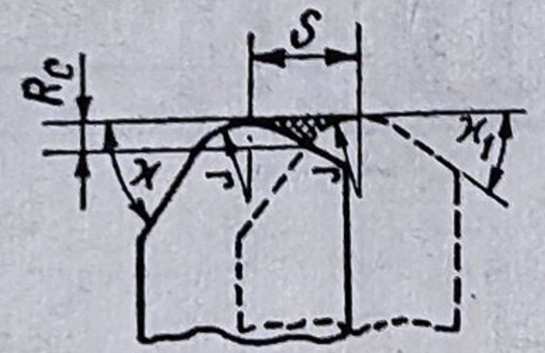
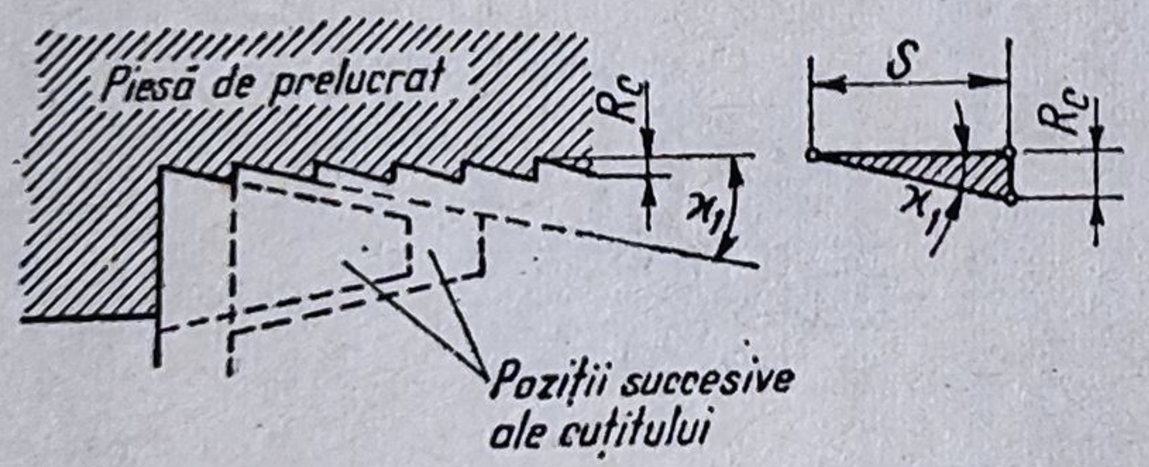
1. Să se calculeze rugozitatea suprafeței la prelucrarea prin strunjire a unei piese din oțel, cu un cuțit cu raza la vîrf $r = 0$ și cu unghiurile de atac principal și secundar $\varkappa = \varkappa_1 = 45°$. Se lucrează cu avansul de 0,6 mm/rot.

Tabelul 4.1

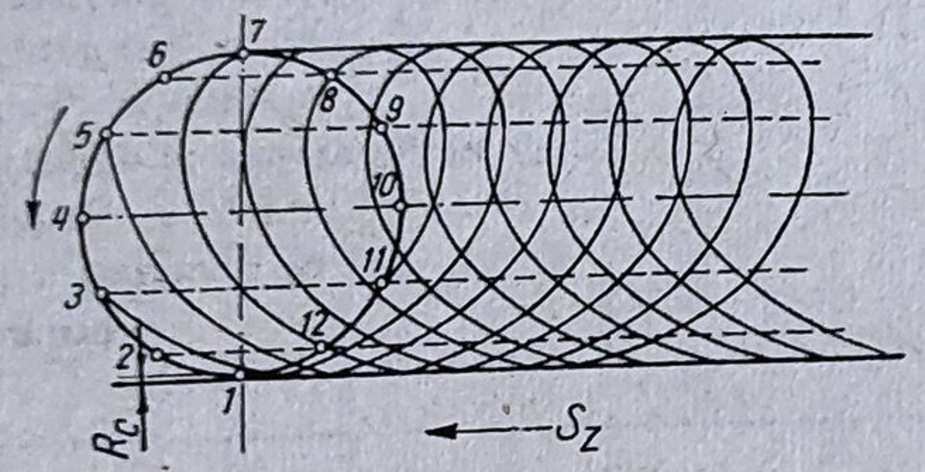
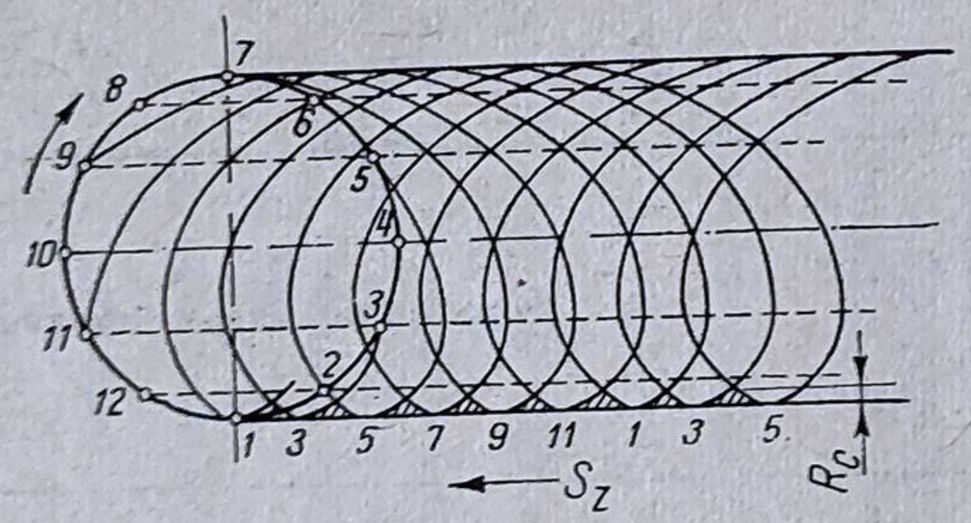
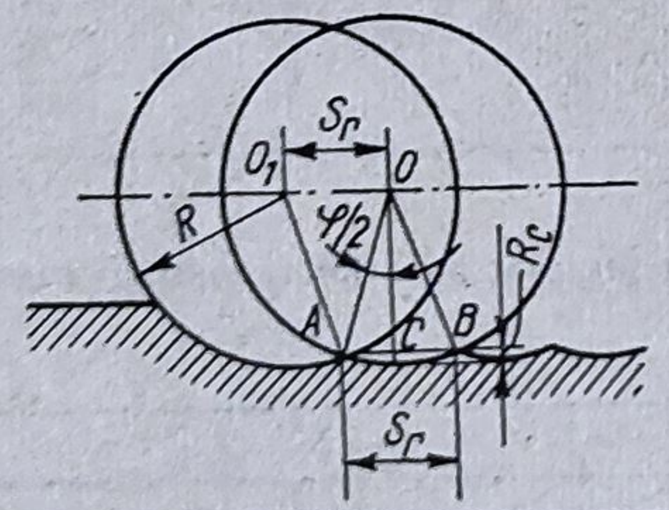
Relaţii de calcul pentru rugozitatea suprafeţei

Metoda de prelucrare	Schema	Relaţia de calcul
1	2	3
Strunjire		$R_c = \dfrac{s}{\operatorname{ctg}\varkappa + \operatorname{ctg}\varkappa_1}$ pt. r = 0
		$R_c = r - \sqrt{r^2 - \dfrac{s^2}{4}}$ $\varkappa > \arcsin\dfrac{s}{2r}$ sau aproximativ: $R_c = \dfrac{s^2}{8r}$ $\varkappa_1 > \arcsin\dfrac{s}{2r}$
		$R_c = \dfrac{1}{\operatorname{ctg}\varkappa + \operatorname{ctg}\varkappa_1}\left[s - r\left(\operatorname{tg}\dfrac{\varkappa}{2} + \operatorname{tg}\dfrac{\varkappa_1}{2}\right)\right]$ $\varkappa < \arcsin\dfrac{s}{2r}$ $\varkappa_1 < \arcsin\dfrac{s}{2r}$

Tabelul 4.1 (continuare)

1	2	3
Strunjire		$R_c = r(1 - \cos \varkappa) + s \cdot \sin \varkappa \cos \varkappa - \sin \varkappa \sqrt{s \cdot \sin \varkappa (2r - s \cdot \sin \varkappa)}$. $\varkappa < \text{arc sin} \frac{s}{2r}$ $\quad$ $\varkappa_1 > \text{arc sin} \frac{s}{2r}$
		$R_c = r(1 - \cos \varkappa_1) + s \cdot \sin \varkappa_1 \cos \varkappa_1 - \sin \varkappa_1 \sqrt{s \cdot \sin \varkappa_1 (2r - s \cdot \sin \varkappa_1)}$ $\varkappa = \text{arc sin} \frac{s}{2r}$ $\quad$ $\varkappa_1 = \text{arc sin} \frac{s}{2r}$
Mortezare		$R_c = s \cdot \text{tg } \varkappa_1$
Alezare de degroșare	OLC 45; alezor din oțel de scule; răcire cu emulsie	$R_a = C \cdot s \cdot \alpha \cdot V^{0,7}(90 - \varkappa)$ (μm) pentru: $V = 2 - 6$ m/min și $s = 0,5 - 2,3$ mm/rot $\quad$ $C = 8 \cdot 10^{-4}$
	Fontă; alezor din oțel de scule; răcire cu emulsie	$R_a = C \cdot s \cdot V^{0,31}(90 - \varkappa)$ (μm) pentru: $V = 4 - 16$ m/min și $s = 0,5 - 1,2$ mm/rot $\quad$ $C = 1,06 \cdot 10^{-2}$

Tabel 4.1 (continuare)

1	2	3
Frezare cilindrică		$R_c = \frac{\pi^2 R^2 \cdot s_z^2}{2(z \cdot s_z + 2\pi R)^2}$ Aproximativ: $R_c = \frac{s_z^2}{8R}$
		$R_c = \frac{\pi^2 \cdot R^2 \cdot s_z^2}{2(z \cdot s_z - 2\pi R)^2}$ Aproximativ: $R_c = \frac{s_z^2}{8R}$
		$R_c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{s_r}{2}\right)^2}$

Tabel 4.1 (continuare)

1	2	3
Frezare cilindrică	Pentru frezarea oțelului funcție de regimul de așchiere	$R_{max} = \frac{0{,}96 \cdot s_r^{1,2} \cdot t^{0,13}}{D^{0,77}}$
Frezare frontală		$R_c = \frac{s_z}{\operatorname{ctg}\varkappa + \operatorname{ctg}\varkappa_1}$
Rectificare cilindrică cu avans longitudinal		$R_z = 0{,}689 \frac{\beta^{0,27} \cdot V_p^{0,212} \cdot t^{0,148}}{n^{0,217}}$
Rectificare plană		$R_a = \left[\frac{V_p}{2V_d \cdot b \cdot C\sqrt{D}}\right]^{2/3}$

s — avansul, în mm/rot
$\varkappa_1$ — unghiul de atac secundar, în grd
V — viteza de așchiere, în m/min
γ — unghiul de degajare al alezorului, în grd
s_z — avansul pe dinte, în mm
t — adîncimea de așchiere, în mm
β — avansul, în fracțiuni din lățimea discului abraziv
V_d — viteza discului abraziv, în m/s
b = 5...20, raport între lățimea și adîncimea urmei granulei
$\varkappa$ — unghiul de atac principal, în grd
r — raza vîrfului cuțitului, în mm
α — unghiul de așezare al alezorului, în grd
R — raza frezei, în mm
$s_r = s_z \cdot z$ — avansul pe rotație, în mm
D — diametrul frezei respectiv discului abraziv, în mm
V_p — viteza piesei, în m/min
n — numărul de treceri fără avans transversal
C — număr de granule pe unitatea de suprafață a discului abraziv

Rezolvare. Pentru determinarea rugozității de calcul se folosește relația:

$$R_c = \frac{s}{\operatorname{ctg} \varkappa + \operatorname{ctg} \varkappa_1} = \frac{0{,}6}{2 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ} = 0{,}3 \ \mu m.$$

2. Care este rugozitatea suprafeței la prelucrarea din condițiile problemei precedente dacă $r = 1$; 2; 2,5; și 3 mm?

Rezolvare. Rugozitatea se calculează cu relația:

$$R_c = r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}, \text{ în care caz rezultă:}$$

— pentru $r = 1$ mm	$R_c = 0{,}0465$ mm
— pentru $r = 2$ mm	$R_c = 0{,}03$ mm
— pentru $r = 2{,}5$ mm	$R_c = 0{,}03$ mm
— pentru $r = 3$ mm	$R_c = 0{,}03$ mm

Concluzia stabilită experimental după care rugozitatea suprafeței prelucrate scade rapid pînă la raza de vîrf a cuțitului de 1 mm după care scăderea este neînsemnată, se confirmă.

3. Ce rugozitate a suprafeței se obține la mortezarea unui canal de pană dacă avansul de lucru este de 10 mm/cursă iar unghiul de atac secundar al sculei este de 15°?

Rezolvare. Rugozitatea suprafeței se calculează cu relația:

$$R_c = s \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 10 \cdot 0{,}26795 = 2{,}675 \ \mu m.$$

4. Să se determine rugozitatea suprafeței care se obține la alezarea de degroșare a unei piese din OLC 45, folosindu-se un alezor din oțel de scule cu unghiul de așezare $\alpha = 10^\circ$ și unghiul de degajare de $\varkappa = 5^\circ$, dacă prelucrarea se face cu avansul $s = 0{,}8$ mm/rot și viteza de așchiere este $V = 5$ m/min?

Rezolvare. Rugozitatea suprafeței se determină cu relația:

$$R_a = C \cdot s \cdot \alpha \cdot V^{0{,}7}(90 - \varkappa), \text{ în care: } C = 8 \cdot 10^{-4}.$$

Deci:

$$R_a = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}8 \cdot 10 \cdot 5^{0{,}7}(90 - 5) = 1{,}68 \ \mu m.$$

5. Care este rugozitatea suprafeței la alezarea de degroșare a unei găuri cu diametrul de 20 mm pe o piesă din OLC 45, dacă se prelucrează cu un alezor din oțel de scule cu $\alpha = 10^\circ$ și $\varkappa = 5^\circ$? Prelucrarea se face cu adîncimea de așchiere $t = 0{,}12$ mm și avansul $s = 1{,}2$ mm/rot.

Rezolvare. Rugozitatea suprafeței se determină cu relația:

$$R_a = C \cdot s \cdot \alpha \cdot V^{0{,}7}(90 - \varkappa), \text{ în care: } C = 8 \cdot 10^{-4}$$

Viteza de așchiere se determină cu relația:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{z_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \text{ [m/min], în care:}$$

$C_v = 10{,}5$; $D = 20$ mm; $T = 40$ min; $t = 0{,}12$ mm; $s = 1{,}2$ mm/rot; $z_v = 0{,}3$; $m = 0{,}4$; $x_v = 0{,}2$; $y_v = 0{,}65$.

În aceste condiții se determină viteza $V = 8{,}1$ m/min.

Cu această valoare pentru viteza de așchiere se calculează turația alezorului cu relația:

$$n = \frac{1\,000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1\,000 \cdot 8{,}1}{\pi \cdot 20} = 129 \text{ rot/min.}$$

Dacă prelucrarea se face pe o mașină de găurit radial se adoptă turația existentă în gama mașinii, $n_a = 130$ rot/min și apoi se recalculează viteza de așchiere, determinîndu-se $V_r = 8{,}2$ m/min.

În aceste condiții rugozitatea suprafeței va fi:

$$R_a = 8 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}2 \cdot 10 \cdot 8{,}2^{0{,}7}(90 - 5) = 3{,}55 \ \mu\text{m.}$$

6. Ce rugozitate a suprafeței se obține la alezarea de degroșare a unei piese din fontă în condițiile problemei precedente?

R = 2,07 μm

7. Care este rugozitatea suprafeței care se obține la prelucrarea prin frezare a unei suprafețe plane pe o piesă din oțel, cu ajutorul unei freze elicoidale cilindrice cu $D = 80$ mm și $Z = 8$ dinți, dacă avansul pe dinte este $s_z = 0{,}15$ mm?

Să se calculeze rugozitatea de suprafață atît în cazul prelucrării în sensul avansului cît și în sens contrar.

Rezolvare. La frezarea contra avansului se folosește relația:

$$R_c = \frac{\pi^2 \cdot R^2 \cdot s_z^2}{2(z \cdot s_z + 2\pi R)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 40^2 \cdot 0{,}15^2}{2(8 \cdot 0{,}15 + 2 \cdot \pi \cdot 40)^2} = 0{,}0027 \text{ mm} = 2{,}7 \ \mu\text{m.}$$

La frezarea în sensul avansului, cu relația:

$$R_c = \frac{\pi^2 \cdot R^2 \cdot s_z^2}{2(z \cdot s_z - 2\pi R)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 40^2 \cdot 0{,}15^2}{2(8 \cdot 0{,}15 - 2 \cdot \pi \cdot 40)^2} = 0{,}00282 \text{ mm} = 2{,}82 \ \mu\text{m.}$$

8. Ce rugozitate maximă apare la prelucrarea unei suprafețe plane pe o piesă din oțel, prin frezare cu o freză cilindrică elicoidală, în condițiile problemei precedente, dacă prelucrarea se efectuează cu adîncimea de așchiere de 3 mm?

Rezolvare. Pentru stabilirea rugozității suprafeței se folosește relația:

$$R_{max} = 0{,}96 \frac{s_r^{1,2} \cdot t^{0,13}}{D^{0,77}}.$$

În acest caz $s_r = z \cdot s_z = 8 \cdot 0{,}15 = 1{,}2$ mm/rot, deci

$$R_{max} = 0{,}96 \frac{1{,}2^{1,2} \cdot 3^{0,13}}{80^{0,77}} = 0{,}0474 \text{ mm} = 47{,}4 \ \mu\text{m.}$$

9. Ce rugozitate a suprafeței se obține la rectificarea prin metoda avansului longitudinal a unei piese din oțel tratată termic, cu diametrul de 40 mm, dacă avansul în fracțiuni din lățimea discului abraziv de 15 mm este $\beta = 0{,}4$, iar avansul de pătrundere $t = 0{,}02$ mm. Se consideră că se execută cinci curse fără avans de pătrundere.

Rezolvare. Pentru determinarea rugozității maxime a suprafeței prelucrate se folosește relația:

$$R_z = 0{,}689 \frac{\beta^{0,27} \cdot V_p^{0,212} \cdot t^{0,148}}{n^{0,217}}.$$

Viteza piesei, care intervine în relația de calcul a rugozității suprafeței se determină cu relația:

$$V_p = \frac{0{,}17 \cdot d^{0,3}}{T^{0,5} \cdot \beta \cdot t} K_1 \cdot K_2 \ \text{[m/min]},$$

în care:

$$d = 40 \text{ mm}; \ T = 6 \text{ min}; \ K_1 = 0{,}95; \ K_2 = 0{,}91.$$

Introducînd aceste valori se obține pentru viteza piesei $V_p = 23$ m/min.

În aceste condiții:

$$R_z = 0{,}689 \frac{0{,}4^{0,27} \cdot 23^{0,212} \cdot 0{,}02^{0,148}}{5^{0,217}} = 0{,}402 \ \mu\text{m}.$$

10. Jocul minim calculat δ_{min} în ajustaj alunecător este de 70 μm, iar jocul maxim $\delta_{max} = 140$ μm. Să se stabilească dimensiunile arborelui și găurii la diametrul nominal de 60 mm, cu ajustaj în sistemul alezaj unitar, dacă gaura se obține printr-o alezare de precizie, iar arborele prin rectificare.

Rezolvare. Se notează diametrele suprafețelor cilindrice la care se referă jocurile calculate (diametrele măsurate între adînciturі) cu D—pentru diametrul găurii și cu d — pentru diametrul arborelui. În acest caz jocul calculat este $\delta = D - d$.

La măsurarea pieselor îmbinate cu ajutorul unui calibru potcoavă și a unui calibru tampon, vor fi măsurate nu diametrele D și d ci diametrele între creste, care se vor nota cu D' și d'. În acest caz jocul dintre diametrele măsurate în mod real este $\delta' = D' - d'$.

Dacă se notează înălțimea asperităților cu h—pentru arbore și cu H—pentru gaură, se obține relația între diametrele calculate și cele măsurate în realitate:

$$D = D' + 2H$$

$$d = d' - 2h.$$

Dacă se scad cele două egalități se obține:

$$D - d = D' + 2H - d' + 2h = D' - d' + 2(H + h).$$

Introducînd jocul, relațiile de mai sus se pot scrie:

$$\delta = \delta' + 2(H + h)$$

$$\delta' = \delta - 2(H + h).$$

Se trage concluzia că jocul obținut prin măsurare este mai mic decît cel calculat, cu dublul înălțimii rugozității de suprafață pentru piesele în îmbinare.

Considerînd că valorile medii ale înălțimii neregularităților corespunzătoare metodelor de prelucrare stabilite prin problemă sînt: $H = 15$ μm și $h = 9$ μm, se pot determina jocurile:

$$\delta'_{min} = \delta_{min} - 2(H + h) = 70 - 2(15 + 9) = 22 \ \mu m$$

$$\delta'_{max} = \delta_{max} - 2(H + h) = 140 - 2(15 + 9) = 92 \ \mu m.$$

Determinînd jocurile care urmează să fie măsurate în mod real, din tabelele de toleranțe în sistemul alezaj unitar se alege ajustajul cel mai corespunzător. În cazul de față va fi un ajustaj alunecător (joc 30 ... 90 μm). Cotele din desen ale arborelui și găurii la acest ajustaj, în sistemul alezaj unitar, pentru diametrul nominal de 60 mm, sînt:

— diametrul găurii $D' = 60^{+0,03}$ mm

— diametrul arborelui $d' = 60^{-0,03}_{-0,06}$ mm.

CAPITOLUL 5

ELABORAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE MECANICĂ

5.1. Introducere

Procesul tehnologic de prelucrare mecanică este o parte a procesului de fabricaţie, legat nemijlocit de schimbările formei geometrice, a dimensiunilor şi rugozităţii suprafeţei ce le suferă semifabricatul pînă la obţinerea piesei finite. Prelucrarea mecanică constitue principala etapă în fabricaţia unui produs deoarece de aceasta depinde, în cea mai mare măsură, calitatea ce se asigură produsului respectiv.

Procesul tehnologic de prelucrare mecanică se împarte în: operaţii, faze, treceri, mînuiri, mişcări.

Operaţia este partea specifică din procesul tehnologic care se execută la un loc de muncă şi cuprinde totalitatea acţiunilor utilajului şi ale lucrătorului, sau un grup de lucrători, în legătură cu prelucrarea sau asamblarea unei piese, sau mai multor piese simultan. Operaţia este unitatea de bază la proiectarea procesului tehnologic precum şi la planificarea prelucrării sau asamblării pieselor.

Faza este partea dintr-o operaţie tehnologică ce se realizează în cadrul unei aşezări sau poziţii a semifabricatului şi se caracterizează prin prelucrarea unei anumite suprafeţe, sau simultan a mai multor suprafeţe, la o poziţie neschimbată a sculei aşchietoare şi la acelaşi regim de lucru al maşinii. Invariabilitatea regimului de lucru trebuie înţeleasă în sensul că lucrătorul nu intervine asupra organelor de comandă ale maşinii şi nu schimbă vitezele şi avansurile; regimul de lucru în cursul unei faze poate fi schimbat automat.

Fazele pot fi *simple*, în cazul aşchierii efectuate cu o singură sculă aşchietoare şi *fază compusă*, în cazul aşchierii mai multor suprafeţe simultan, cu mai multe scule ce lucrează concomitent.

Trecerea este o parte a fazei realizată în timpul unei deplasări a sculei sau sculelor, faţă de suprafaţa ce se prelucrează considerînd această deplasare în sensul avansului. La unele prelucrări (frezare, rabotare etc.) scula rămîne fixă iar deplasarea o face piesa.

Trecerea este caracterizată prin invariabilitatea poziției reciproce a sculei și a suprafeței ce se prelucrează, a regimului de lucru a mașinii, precum și printr-o singură deplasare a sculei în direcția avansului. În cadrul unei treceri se îndepărtează deci un singur strat de metal. O fază poate fi formată din una sau mai multe treceri succesive.

Mînuirea se numește totalitatea mișcărilor manuale efectuate de un muncitor, necesare executării unei operații sau pregătirii ei (așezare, fixare, măsurare etc.). Studierea mînuirilor prezintă importanță la normarea tehnică și analiza proceselor tehnologice în vederea creșterii productivității muncii.

Mișcarea se numește partea cea mai mică posibilă în care se poate împărți mînuirea, susceptibilă de a fi măsurată în timp.

La elaborarea proceselor tehnologice de prelucrare mecanică prezintă o importanță deosebită stabilirea principiului de realizare a operațiilor tehnologice, numărul operațiilor tehnologice și succesiunea de realizare a operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică.

Operațiile tehnologice de prelucrare mecanică se realizează după două principii de bază: *principiul diferențierii* și *principiul concentrării operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică.*

Prin principiul diferențierii operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică se înțelege realizarea acestora în succesiune, cu o singură sculă așchietoare, pe una sau mai multe mașini-unelte.

Prin principiul concentrării operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică se înțelege realizarea concomitentă a mai multor operații tehnologice elementare, cu mai multe scule ce lucrează simultan, pe o mașină-unealtă cu una sau mai multe poziții de lucru sau pe o linie tehnologică, cu instalarea la o poziție de lucru a unuia sau mai multor semifabricate similare sau diferite.

Stabilirea principiului de realizare a operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică se face în funcție de volumul producției, dotarea tehnică cu utilaje tehnologice sau posibilitățile de dotare tehnică cu utilaje tehnologice a atelierelor de prelucrare mecanică.

Numărul operațiilor tehnologice pentru realizarea pieselor de mașini depinde îndeosebi de condițiile tehnico-funcționale prescrise piesei respective. Operațiile tehnologice de prelucrare mecanică se pot grupa în operații tehnologice de degroșare, de finisare și de prelucrare mecanică foarte fină. În funcție de condițiile tehnico-funcționale prescrise suprafețelor unei anumite piese considerate, la prelucrarea mecanică a acestora se pot prevedea una sau mai multe operații tehnologice din grupele de operații tehnologice menționate, sau se poate renunța complet la prescrierea uneia sau chiar a tuturor grupelor de operații tehnologice, suprafața respectivă rămînînd în starea rezultată de la semifabricare.

Succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică se stabilește atît din condiții tehnice, care asigură posibilitatea realizării lor, cît și din condiții economice, care asigură cheltuieli minime de muncă vie și materializată.

În lipsa unor principii limitative de alegere a unei anumite succesiuni a operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică, numărul variantelor tehnologice de realizare a acestora este:

$$P_K = K!,$$

unde K reprezintă numărul de operații tehnologice.

În cazul folosirii principiului concentrării operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică, cu realizarea simultană a cîte m operații tehnologice elementare, numărul variantelor tehnologice se determină cu relația:

$$C_K^m = \frac{K!}{(K-m)!\,m!}.$$

Au fost stabilite însă anumite principii care conduc la reducerea numărului de variante tehnologice, cum ar fi: se execută la început toate operațiile tehnologice de degroșare, apoi toate operațiile tehnologice de finisare și în sfîrșit toate operațiile tehnologice de prelucrare foarte fină. De asemenea se recomandă, dacă este posibil, ca operațiile tehnologice la care rezultă un procent ridicat de rebuturi să fie realizate spre începutul procesului tehnologic și altele.

5.2. Determinarea succesiunii operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică și a metodelor de prelucrare mecanică

1. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice pentru prelucrarea mecanică a arborelui de electromotor din figura 5.1, pe o linie tehnologică din utilaje tipizate, în ipoteza unui volum de producție de masă, din semifabricat laminat, din oțel OLC 45.

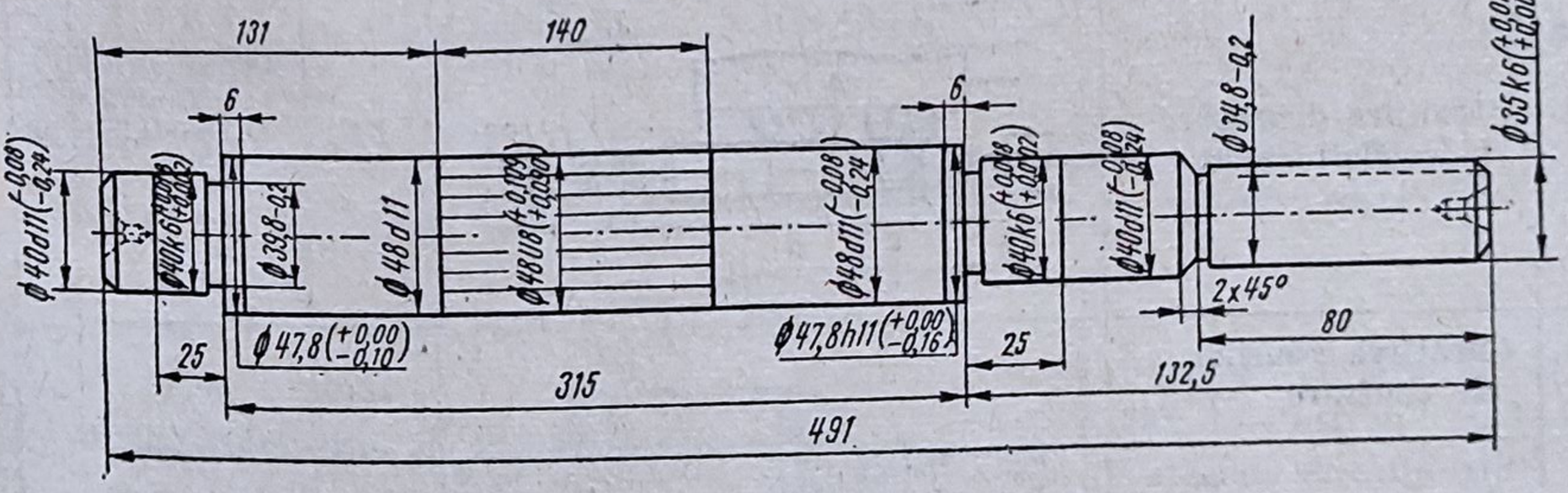
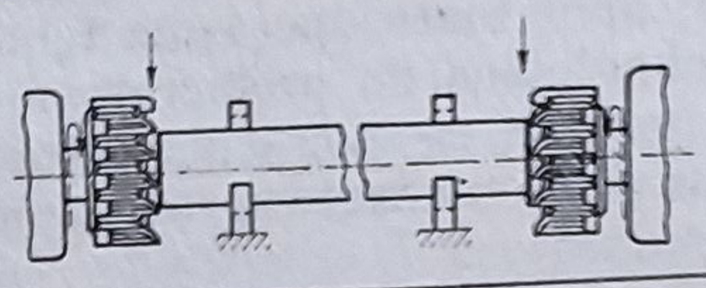
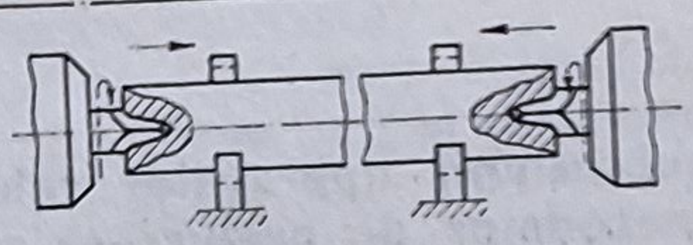
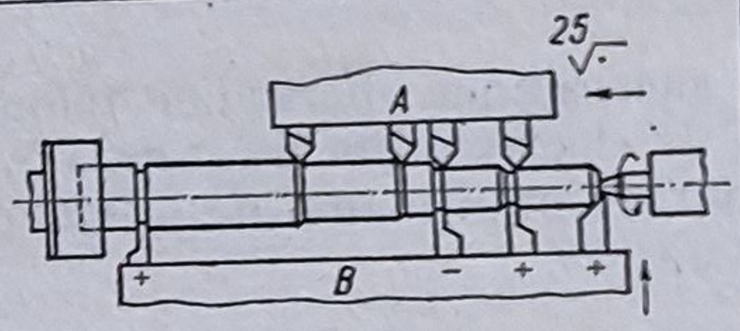
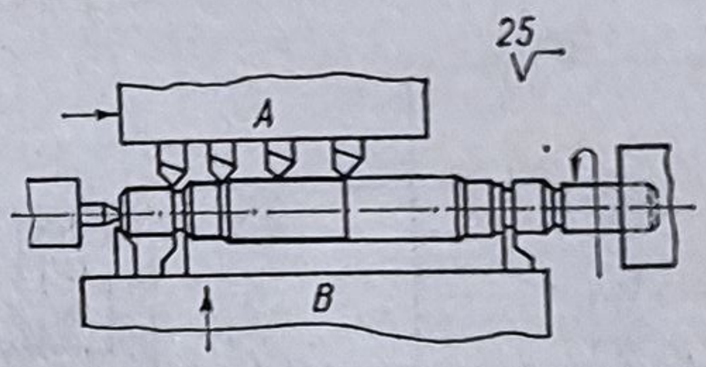
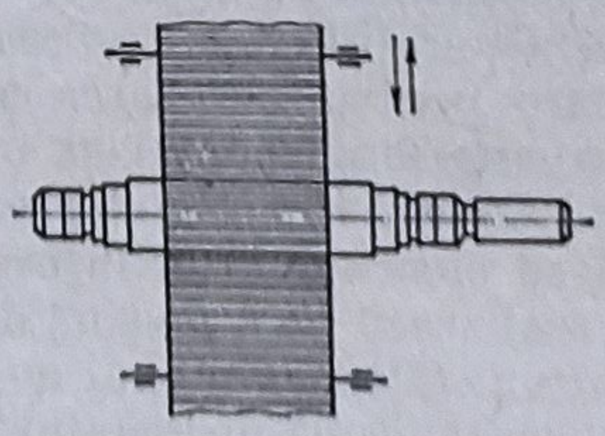


Fig. 5.1

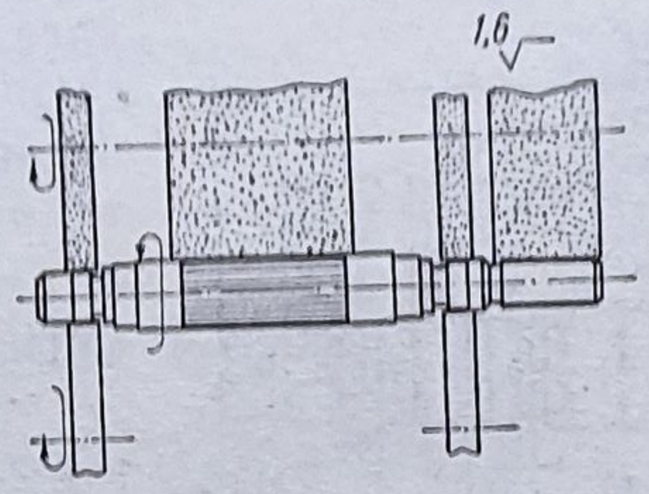
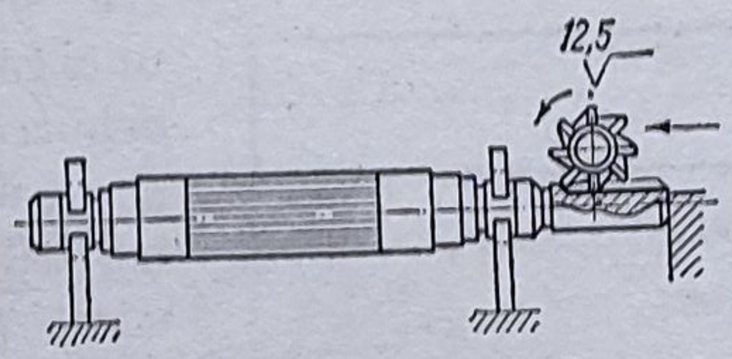
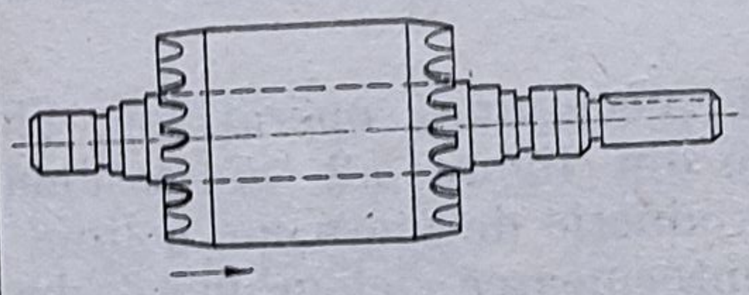
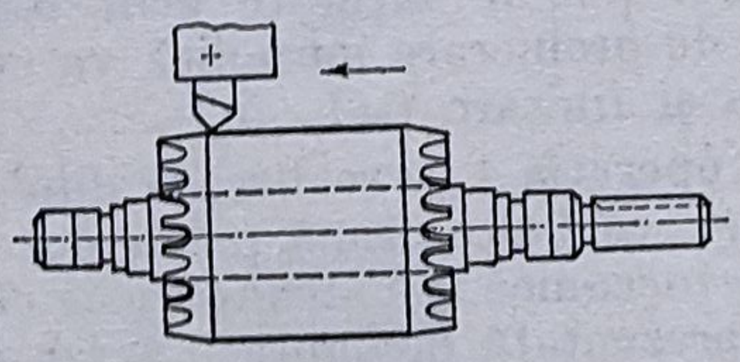
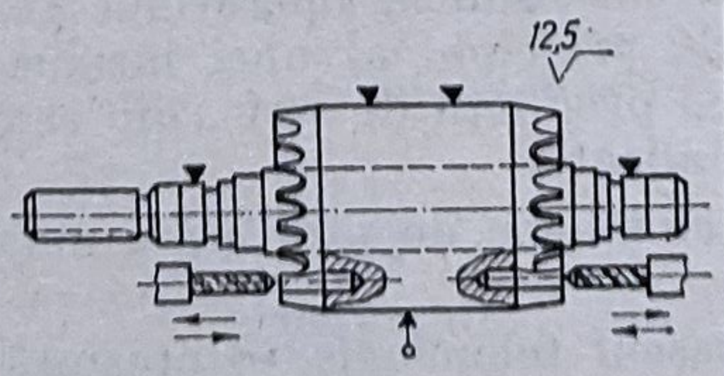
Rezolvare. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.1, în care se observă că majoritatea operațiilor tehnologice se realizează după principiul concentrării acestora. Astfel, operațiile 1 și 2 se realizează prin frezare, respectiv centruirea simultană a suprafețelor frontale ale semifabricatului. Operațiile 3 și 4 se realizează pe strunguri semiautomate cu două cărucioare pentru instalarea sculelor aşchietoare, unul în față — care lucrează cu avans longitudinal și unul în spate care lucrează cu avans transversal. În mod asemănător se pot prezenta și schemele operațiilor tehnologice 5 și 6 cînd se efectuează strunjirea de finisare a arborelui. De asemenea, operația 8 se realizează pe o mașină de rectificat rotund cu mai multe discuri abrazive simultan, folosind numai avans transversal. Celelalte operații tehnologice se realizează după principiul diferențierii lor.

Tabelul 5.1

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a arborelui de electromotor din figura 5.1

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare și reglaj.	Regim de lucru		Norma tehnică de timp, în s.	
			Viteză de așchiere m/min	Avans mm/rot	de bază	unitar
0	1	2	3	4	5	6
1	Frezare		105	0,7	19	37
2	Centruire		10,6	0,07	22	38
3	Strunjire degroșare la un capăt		81	0,15—0,4	29	50
4	Strunjire degroșare la celălalt capăt		81	0,15—0,37	28	49
5	Curățirea găurilor de centrare	—	10,6	0,07	22	38
6	Strunjire de finisare la un capăt	—	91	0,12—0,35	29	50
7	Strunjire finisare la celălalt capăt	—	91	0,12—0,35	29	50
8	Control intermediar	—	—	—	25	45
9	Randalinare		40	—	7	37

Tabelul 5.1 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6
10	Rectificare		pentru semifabricat 22	0,00015 0,002	34	46
11	Control intermediar		—	—	25	45
12	Frezarea canalului de pană		28,3	1,1	29	45
13	Presarea tolelor pe arbore		—	—	22	45
14	Strunjire exterioară		227	0,65	20	40
15	Echilibrare		—	—	27	50
16	Control final		—	—	—	—

Folosirea semifabricatului laminat, al cărui diametru rezultă de 50 mm, asigură un coeficient de utilizare a materialului între 0,65 şi 0,75. Dacă ar fi folosit semifabricat obţinut prin deformare plastică la rece, pulsatorie rotativă, coeficientul de utilizare a materialului ar creşte la 0,9 ... 0,95, în care caz s-ar renunţa la operaţiile tehnologice de strunjire de degroşare. În cazuri concrete, un calcul economic adecvat ar permite adoptarea variantei optime de prelucrare.

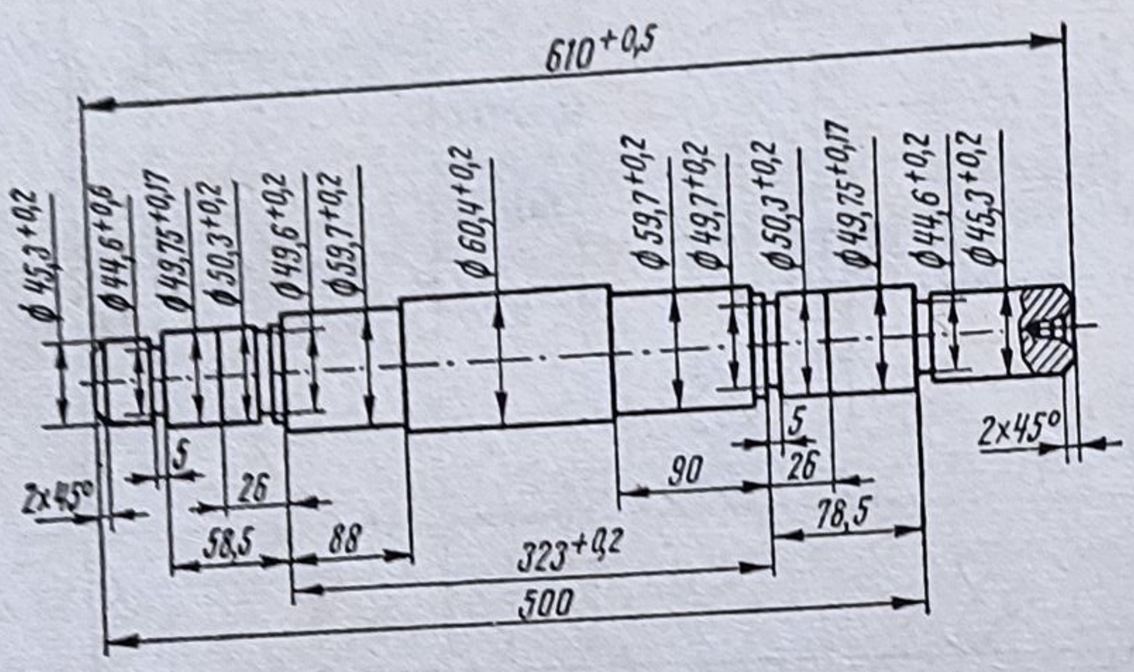


Fig. 5.2

Schemele de prelucrare din tabelul 5.1 pun în evidenţă posibilitatea folosirii utilajului tehnologic tipizat, care permite o reglare corespunzătoare pentru prelucrarea mecanică a unei game tipo-dimensionale de arbori mai mare sau mai mică, şi dacă şi transportoarele dintre utilajele tehnologice permit acest reglaj rezultă că linia tehnologică respectivă permite a fi reglată pentru prelucrarea mecanică a mai multor tipo-dimensiuni de arbori de electromotor.

2. Să se stabilească succesiunea operaţiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele din figura 5.2 confecţionat din oţel OLC 45, în ipoteza unui volum de producţie de masă, pe o linie tehnologică, din semifabricat laminat şi să se întocmească ciclograma de lucru a liniei tehnologice.

Rezolvare. După cum rezultă din figura 5.2 condiţiile tehnice specificate pentru arborele considerat pot fi obţinute prin strunjire de finisare. Ca atare, traseul tehnologic de prelucrare mecanică va cuprinde numai operaţii tehnologice de degroşare şi finisare (tab. 5.2).

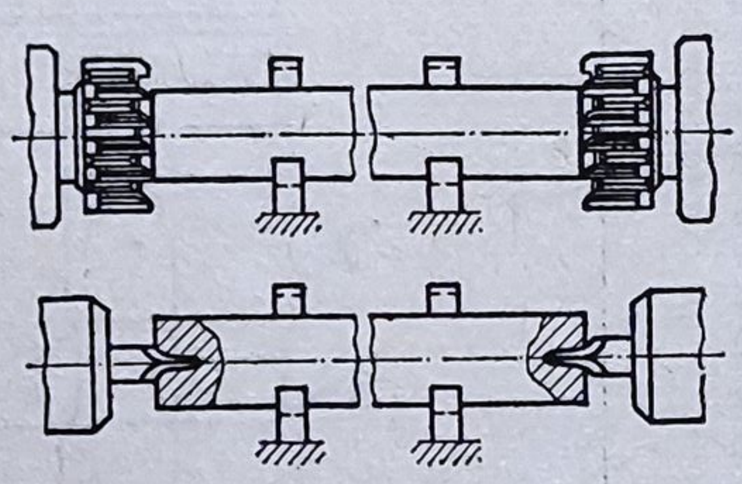
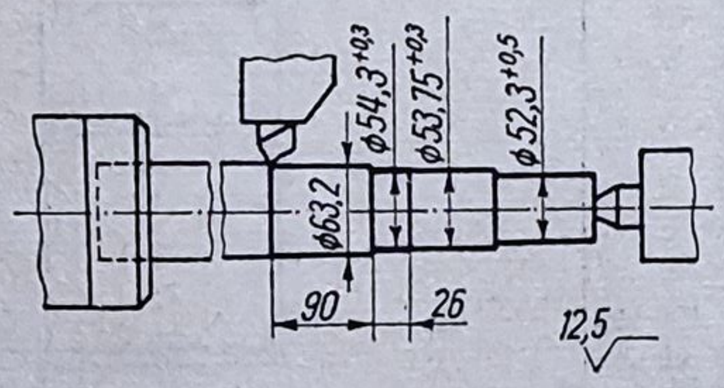
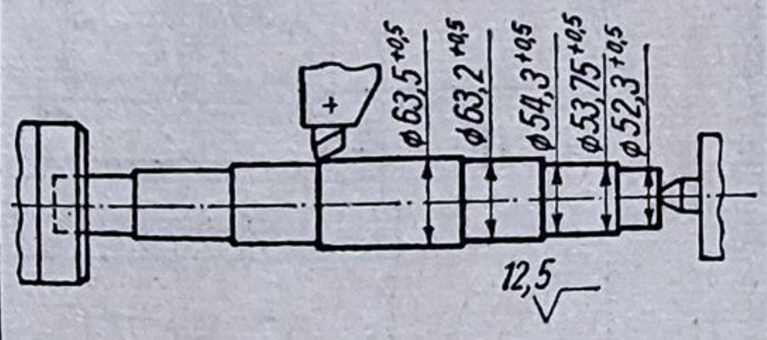
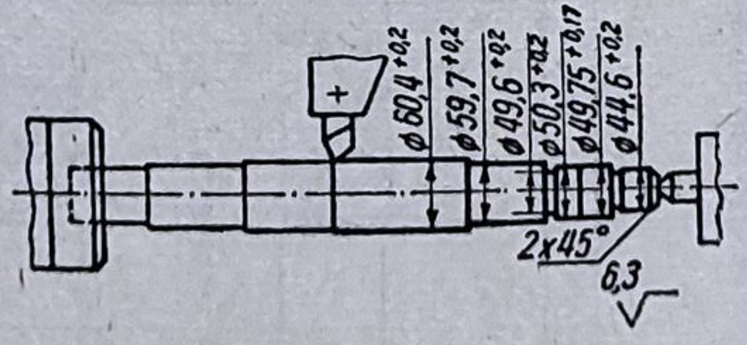
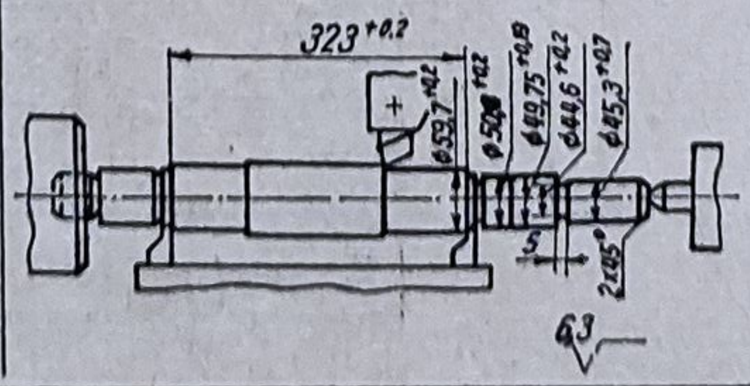
Din tabel rezultă că operaţia 1 se realizează după principiul concentrării operaţiilor tehnologice, iar celelalte după principiul diferenţierii operaţiilor tehnologice de prelucrare mecanică, pe strunguri de copiat. Schema generală a liniei tehnologice este prezentată în figura 5.3, iar ciclograma de lucru pe linia tehnologică este prezentată în tabelul 5.3.

3. Să se stabilească succesiunea operaţiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele principal al unei maşini de găurit prezentat în figura 5.4, în ipoteza unei producţii de serie, din semifabricat forjat din oţel OLC 45, în stare normalizată.

Rezolvare. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.4.

La poziţia 1 din traseul tehnologic se prezintă forma şi dimensiunile semifabricatului forjat, care poate fi obţinut fie prin refulare, fie prin întindere. Refularea asigură proprietăţi funcţionale mai bune capătului arborelui principal.

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru arborele din figura 5.2

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare și reglaj	Regim de lucru		Norma tehnică, de timp, sec.	
			Viteză de așchiere m/min.	Avans mm/rot	Timp. de bază sec.	Unitar sec.
1	Frezare și centruire		134 25,8	0,8	63	95
2	Strunjire degroșare		115	0,5	62	99
3	Strunjire degroșare		115	0,54	65	104
4	Strunjire finisare		140/116	0,42	68	107
5	Strunjire finisare		140/116	0,36	69	107

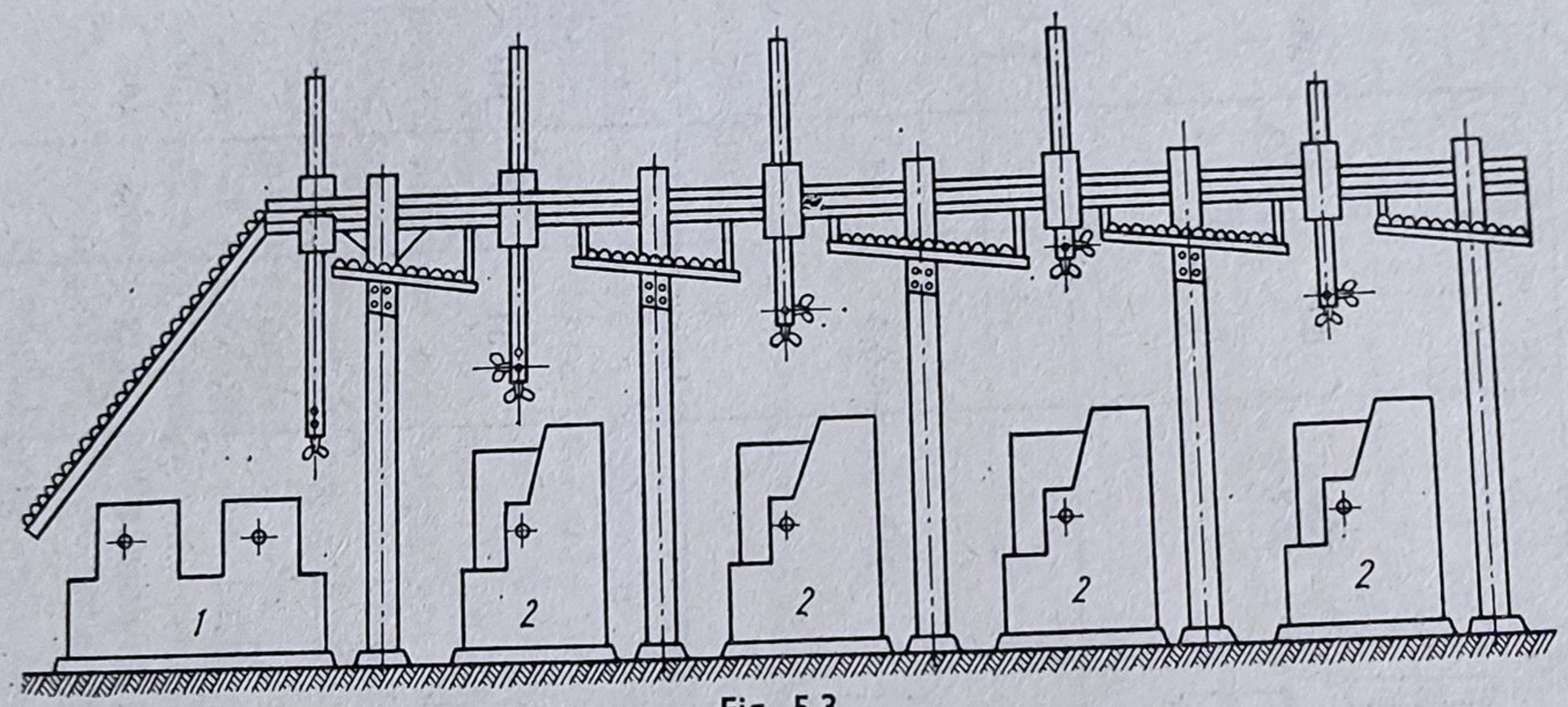


Fig. 5.3

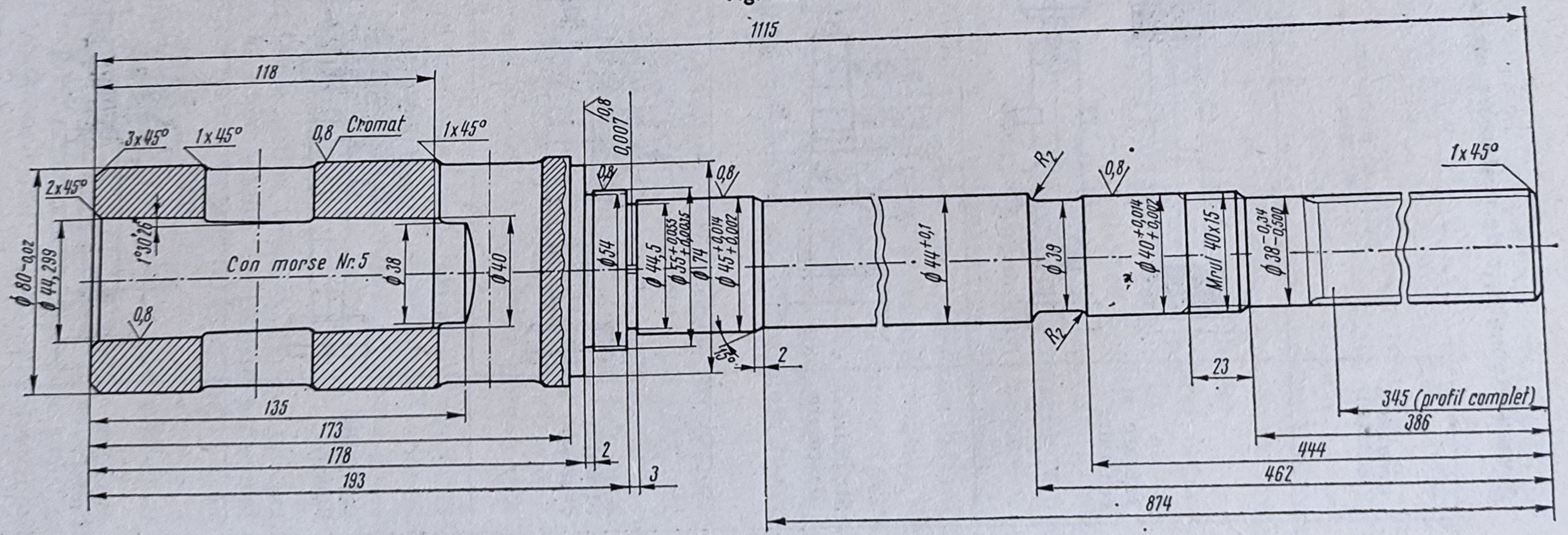
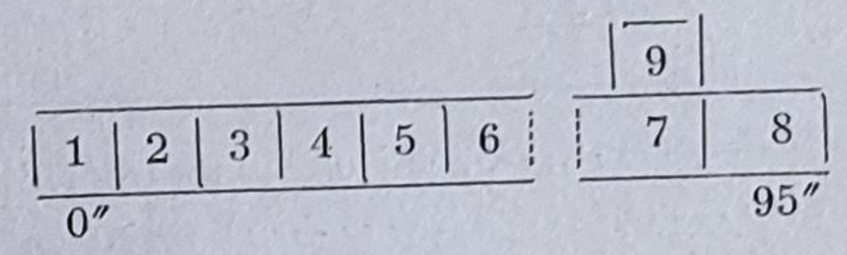
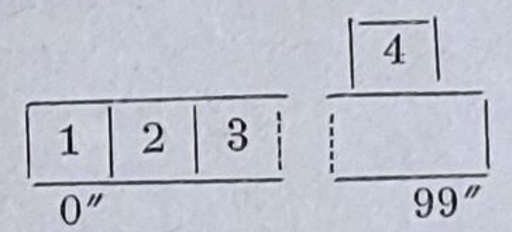


Fig. 5.4

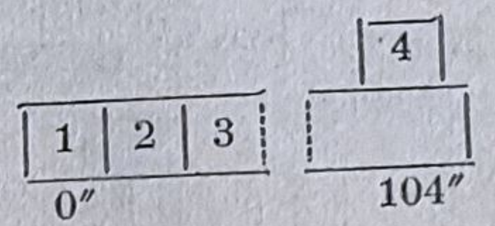
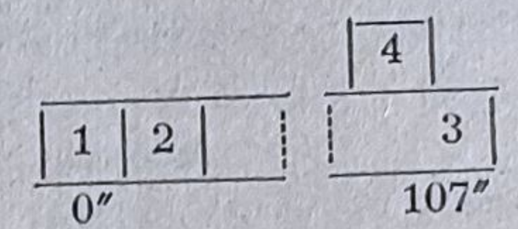
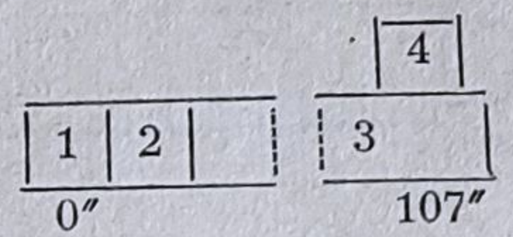
Tabelul 5.3

Tabelul 5.3

Ciclograma de lucru a arborelui considerat pe linia tehnologică

Numărul operației tehnologice	Denumirea operației tehnologice	Modelul mașinii-unelte	Ciclograma de lucru a mașinilor-unelte	Timpul pe elementele operației tehnologice
1	2	3	4	5
1	Frezarea suprafețelor frontale și centruire	731C	 1) Instalarea semifabricatului ..... 23″ 2) Apropierea sculelor așchietoare ..... 5″ 3) Frezarea suprafețelor frontale (timp de bază) ..... 16″ 4) Retragerea sculelor așchietoare ..... 1″ 5) Deplasarea semifabricatului la poziția a doua de prelucrare ..... 1″ 6) Apropierea sculelor așchietoare ..... 1″ 7) Centruire (timp de bază) ..... 47″ 8) Retragerea sculelor așchietoare ..... 1″ 9) Retragerea transportorului ..... (4″)
2	Strunjire de degroșare la un capăt	1722	 1) Instalarea semifabricatului ..... 23″ 2) Apropierea sculelor așchietoare ..... 14″ 3) Strunjire (timp de bază)..... 62″ 4) Retragerea transportorului ..... (4″)

Tabelul 5.3 (continuare)

1	2	3	4	5
3	Strunjire de degroșare la celălalt capăt	1722	 1) Instalarea semifabricatului ..... 2) Apropierea sculelor aşchietoare ..... 3) Strunjire (timp de bază) ..... 4) Retragerea transportorului	23″ 16″ 65″ (4″)
4	Strunjire de finisare la un capăt	1722	 1) Instalarea semifabricatului ..... 2) Apropierea sculelor aşchietoare ..... 3) Strunjire (timp de bază) ..... 4) Retragerea transportorului	23″ 16″ 68″ (4″)
5	Strunjire de finisare la celălalt capăt	1722	 1) Instalarea semifabricatului ..... 2) Apropierea sculelor aşchietoare ..... 3) Strunjire (timp de bază) ..... 4) Retragerea transportorului	23″ 15″ 69″ (4″)

Tabelul 5.4

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru arborele principal prezentat în figura 5.4

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Recepția semifabricatului	1	—	—	Rigle și șublere
2	Strunjire și centruire	2	Strung normal	Cuțit și burghiu de centruit	Riglă și șubler
3	Strunjire locaș lunetă	3	Strung normal	Cuțit	Șubler
4	Strunjire și centruire	4	Strung normal	Cuțite și burghiu de centruit	Riglă și șubler
5	Strunjire de degroșare	5	Strung normal	Cuțit	Riglă și șubler
6	Strunjire de groșare	6	Strung normal	Cuțit	Riglă și șubler
7	Strunjire semifinisare	7	Strung normal	Cuțit	Riglă și șubler
8	Găurire și strunjire degajare	8	Strung normal	Burghiu special și cuțit	Șubler de adîncime
9	Strunjire conică interioară	9	Strung normal	Cuțit și teșitor	Tampon Morse 5 și șubler
10	Strunjire finisare	10	Strung normal	Cuțit	Șubler
11	Control intermediar	—	—	—	Micrometre, comparatoare, rigle, șublere, calibre
12	Frezare caneluri	11	Mașină de frezat caneluri	Freză melc pentru caneluri	Micrometre, riglă
13	Frezare	12	Mașină de frezat vertical	Freză pentru canelat	Șubler, calibre

Tabelul 5.4 (continuare)

0	1	2	3	4	5
14	Ajustare	—	—	Pile	—
15	Control	—	—	—	Șubler și calibre
16	Tratament termic	—	—	—	—
17	Strunjire	13	Strung normal	Cuțit	Șubler
18	Strunjire	14	Strung normal	Cuțite	Calibre
19	Strunjire degajare și filetare	15	Strung normal	Cuțite	Șubler, calibru filet
20	Rectificare degroșare	16	Mașină de rectificat	Disc abraziv 500 × 75 × 203	Micrometre
21	Rectificare caneluri	17	Mașină de rectificat caneluri	Disc abraziv 150 × 10 × 20	Micrometre, riglă
22	Rectificare caneluri	18	Mașină de rectificat caneluri	Disc abraziv 150 × 15 × 20	Micrometre
23	Rectificare finisare	19	Mașină de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 75 × 203	Micrometre
24	Rectificare finisare	20	Mașină de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 75 × 203	Micrometre
25	Rectificare conică	21	Mașină de rectificat universal	Disc abraziv 35 × 35 × 10	Calibru, ceas comparator
26	Rectificare frontală	22	Mașină de rectificat universal	Disc abraziv 100 × 50 × 20	—
27	Control final	23	—	—	Calibre, micrometre

* Vezi planșa 5.4

4. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele cu pinioane prezentat în figura 5.5, în ipoteza unei producții de serie, din semifabricat matrițat din oțel de construcție aliat de îmbunătățire.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.5.

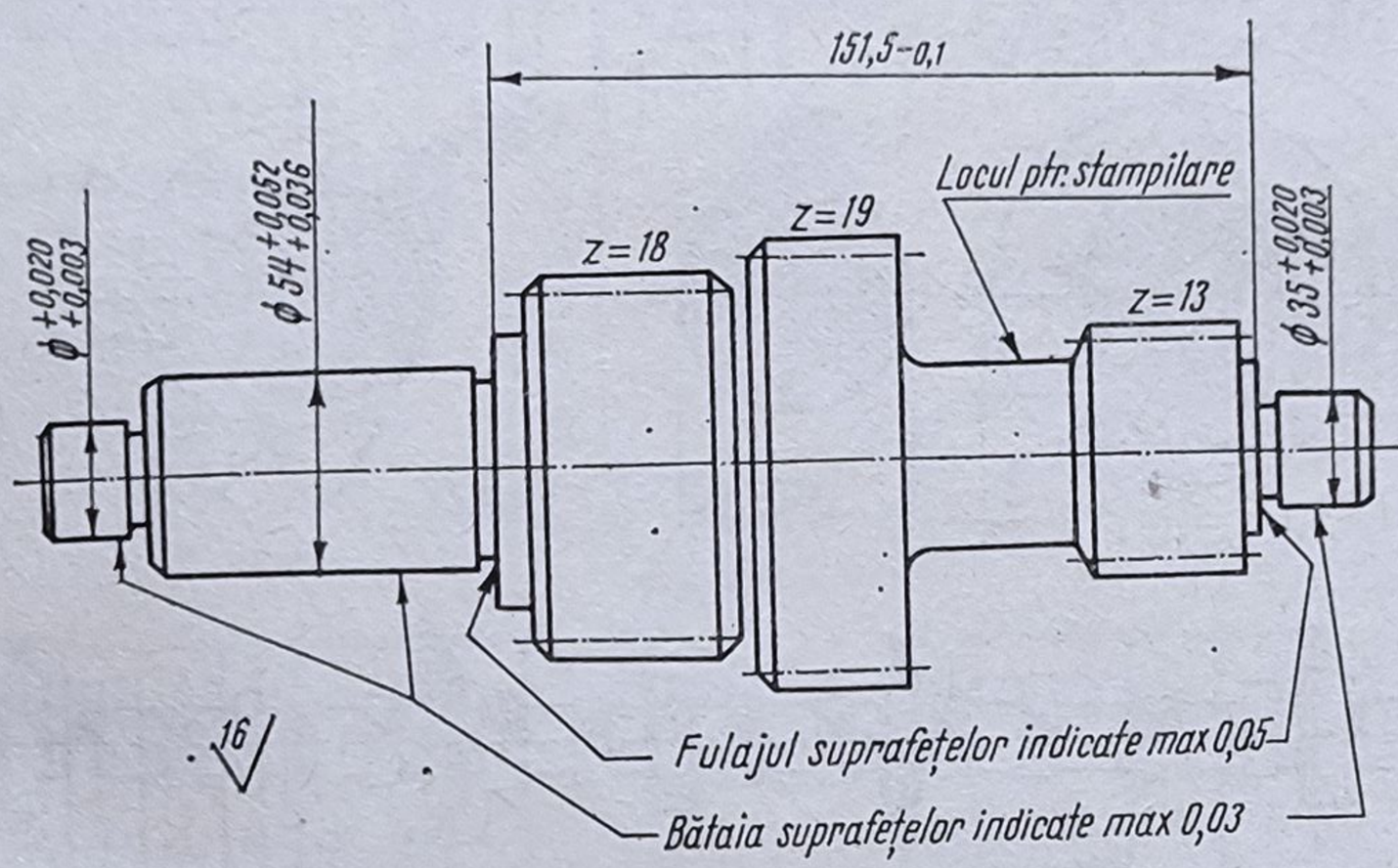


Fig. 5.5

5. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele cu came din figura 5.6, în ipoteza unei producții de serie, din semifabricat laminat, din oțel aliat de îmbunătățire.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a arborelui cu came este prezentat în tabelul 5.6.

6. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele cotit din figura 5.7, în ipoteza unei producții de serie mare, din semifabricat matrițat din oțel OLC 50.

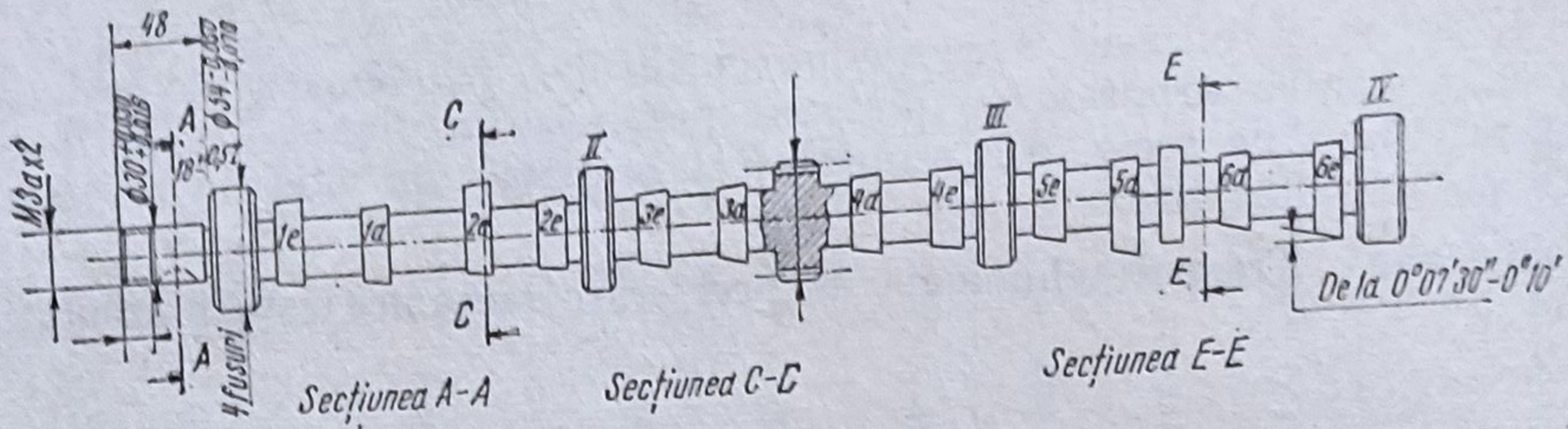
Rezolvare. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a arborelui cotit este prezentat în tabelul 5.7.

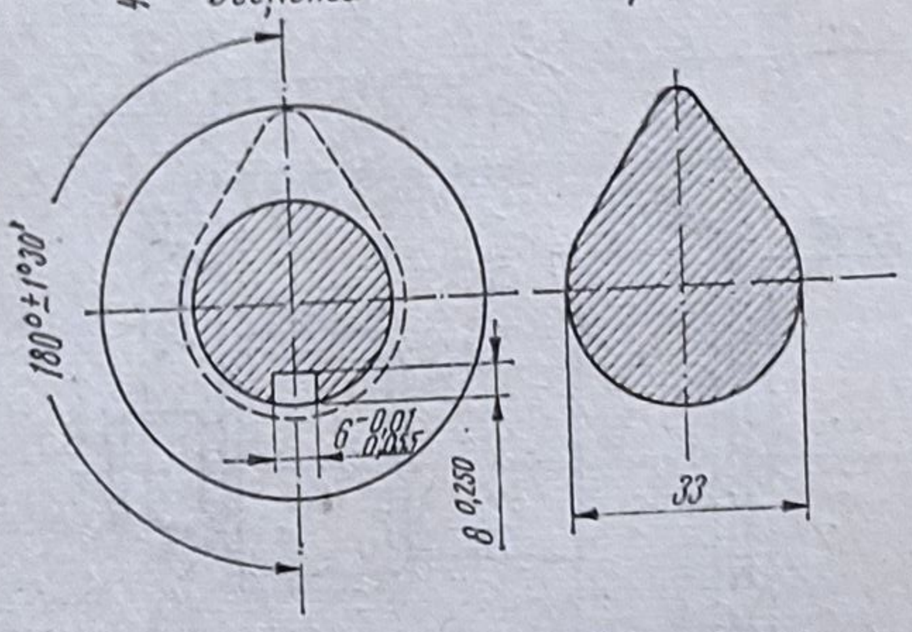
După cum rezultă din tabelul pentru prelucrarea mecanică a arborelui cotit se combină principiul concentrării cu principiul diferențierii operațiilor tehnologice. Ca și la prelucrarea mecanică a arborilor cu came, pentru prelucrarea mecanică a arborilor cotiți se utilizează mașini-unelte cu destinație specială, în exemplul prezentat, cu antrenare centrală a semifabricatului în mișcare de rotație. Astfel, în figura 5.8 se prezintă schema de reglaj a strungului pentru prelucrarea mecanică a fusurilor paliere, iar în figura 5.9 se prezintă schema de reglaj a strungului pentru prelucrare mecanică simultană a două fusuri maneton.

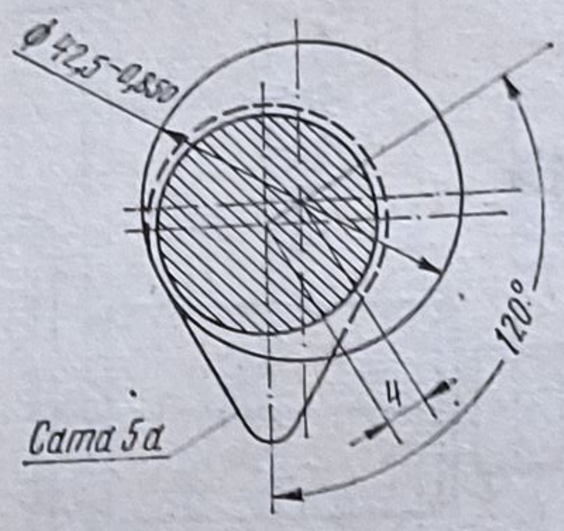
7. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru șurubul conducător din figura 5.10, în ipoteza unei producții de serie, din semifabricat laminat din OLC 45.

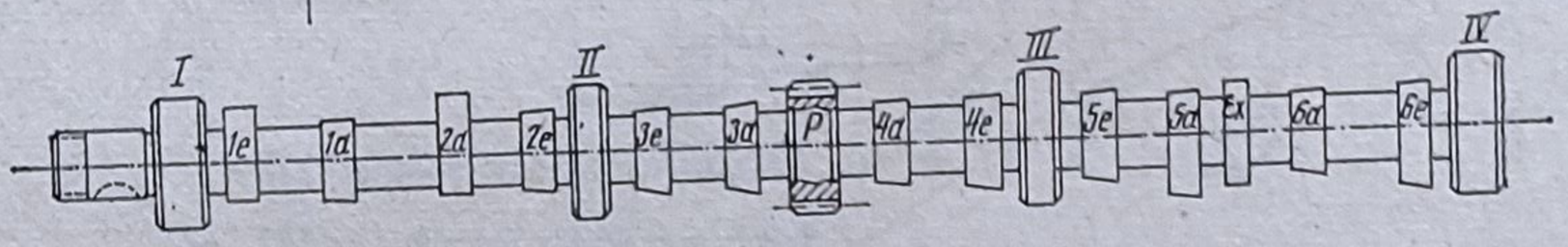
Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a șurubului conducător este prezentat în tabelul 5.8.

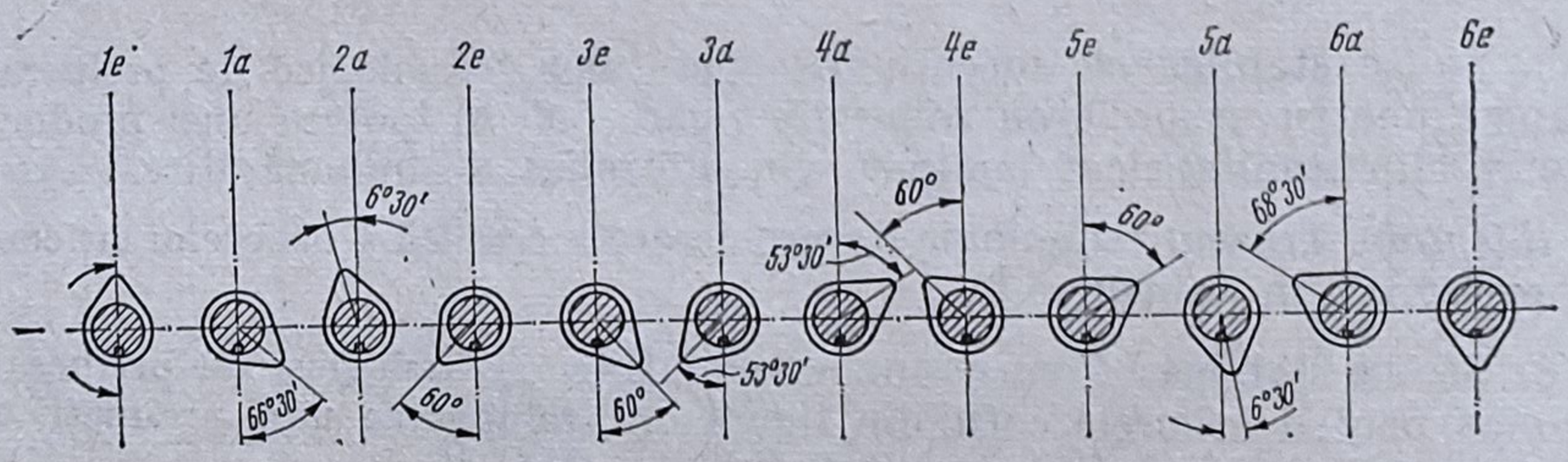
* Vezi planșa 5.4

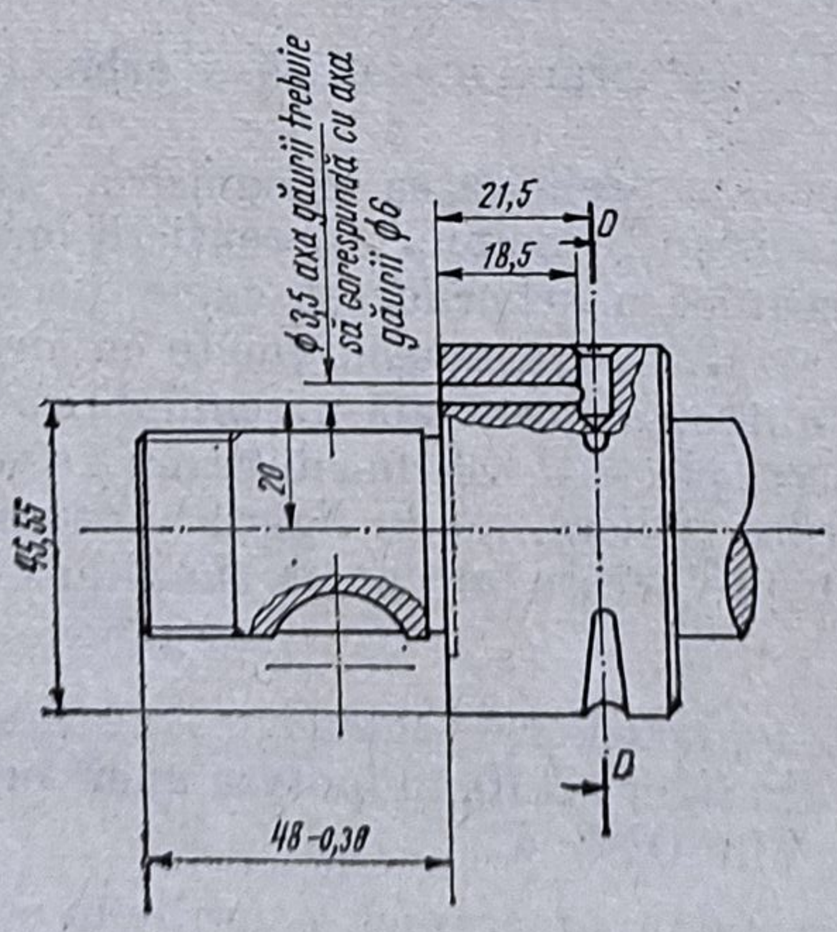


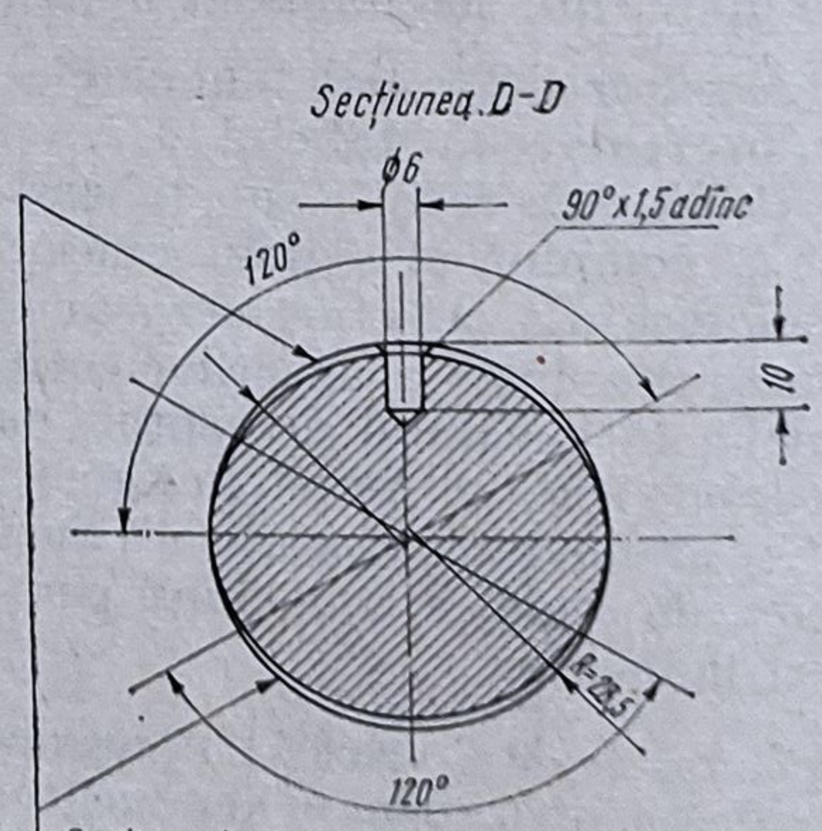












Poziția secțiunii D-D față de canalul de pană indiferentă: canalul de ungere lățime de 1,6 și adîncime 0,8 muchiile se vor teși; ieșirea canalelor la suprafață fusului palier în limitele ±10° față de poziția dată

Fig. 5.6

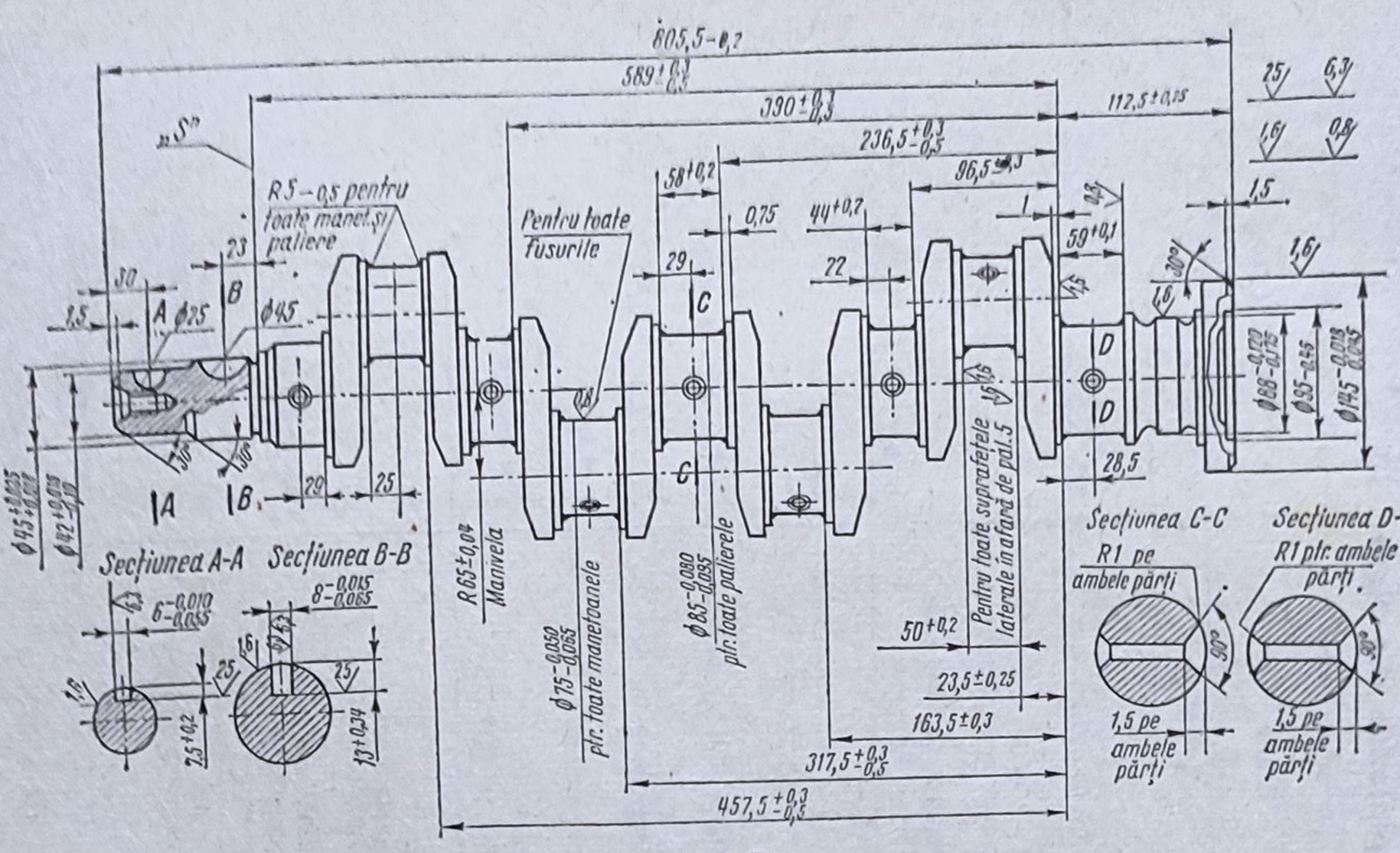


Fig. 5.7

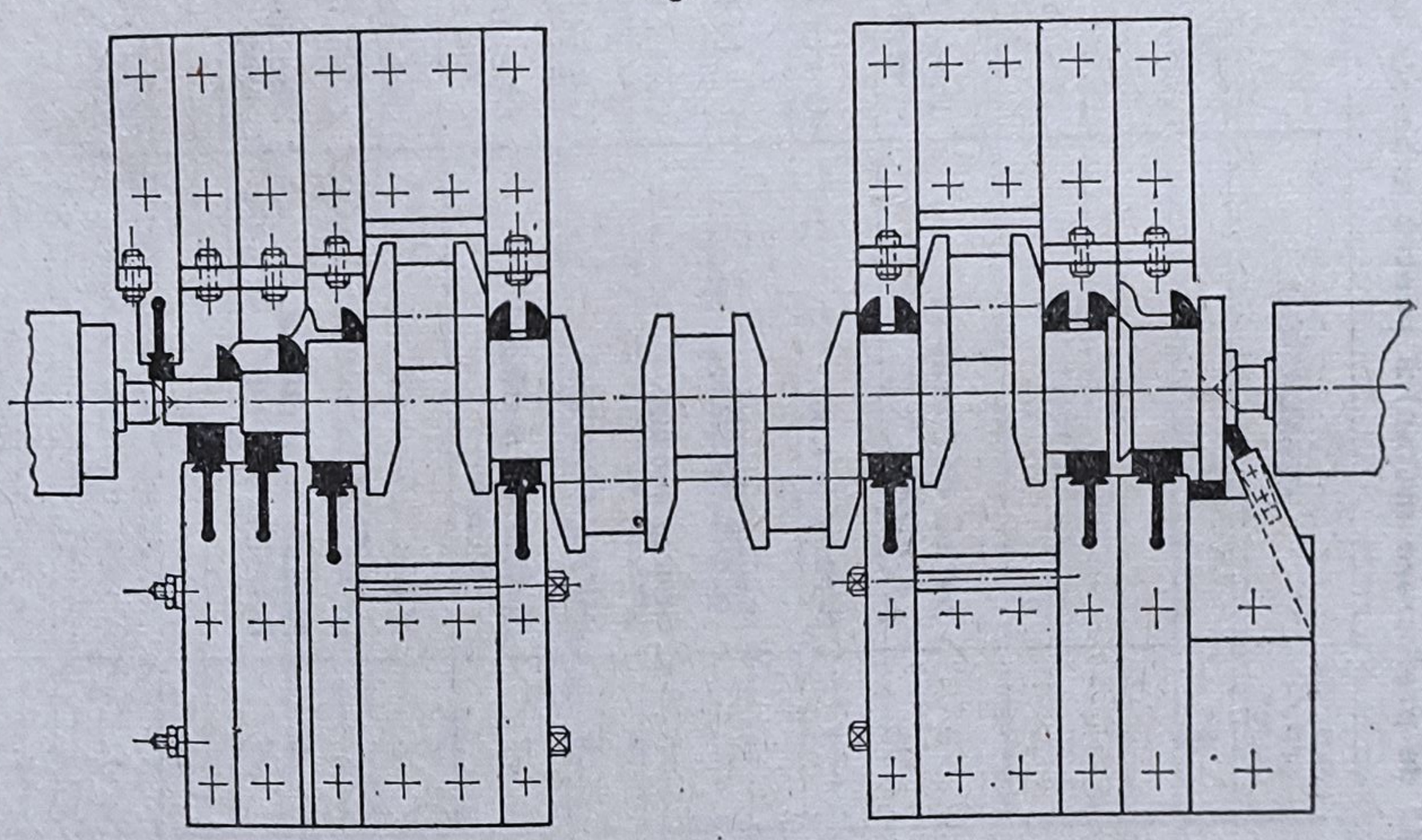


Fig. 5.8

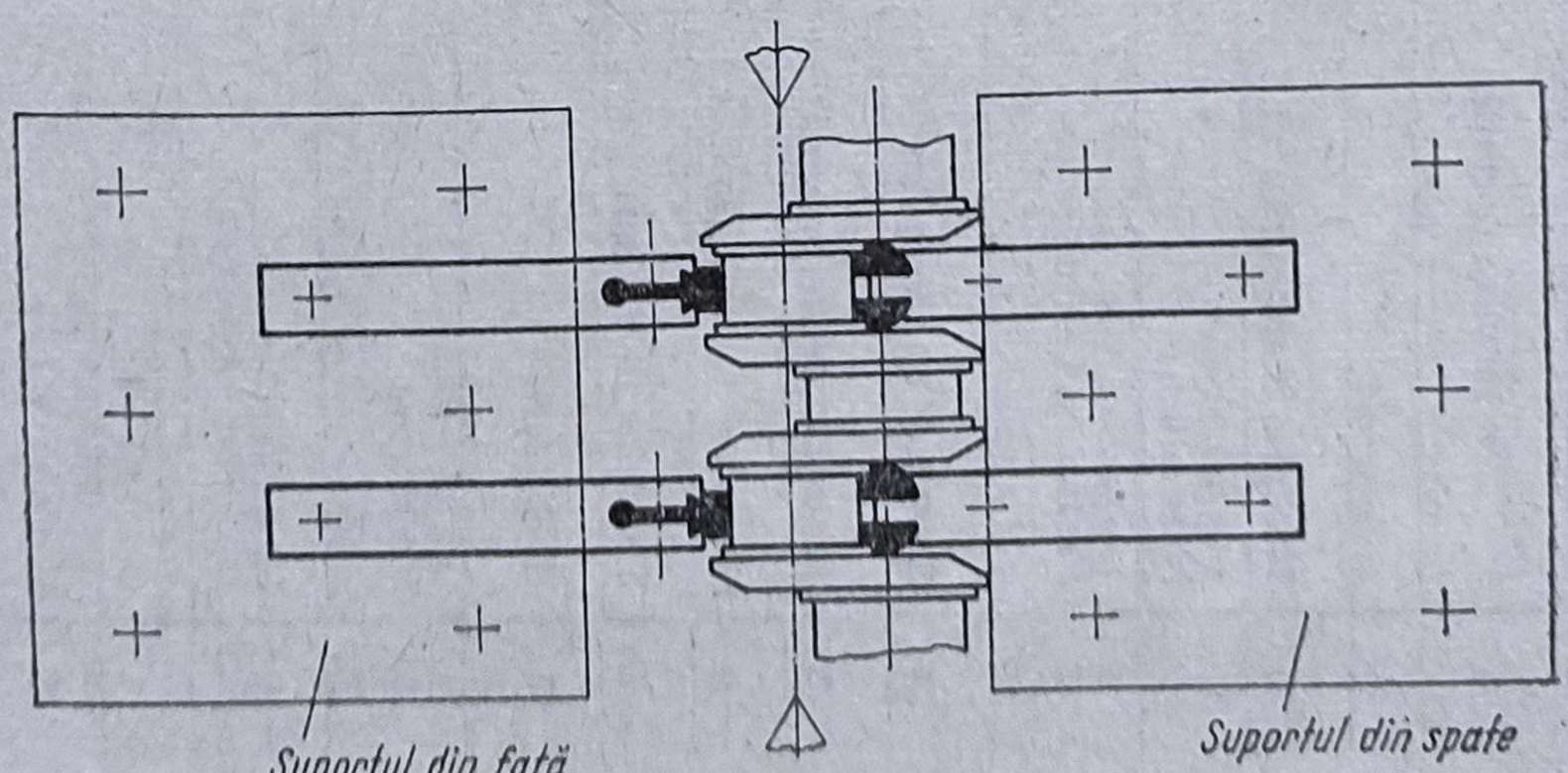


Fig. 5.9

Tabelul 5.5

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru arborele cu pinioane din figura 5.5

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Recepția semifabricatului	1	—	—	Șublere
2	Normalizare	—	—	—	—
3	Frezare și centruire	2	Mașină de frezat și centruit	Freze frontale și burghie centruit	Șublere
4	Strunjire de degroșare	3	Strung normal	Cuțite	Șubler
5	Strunjire de degroșare	4	Strung normal	Cuțite	Șubler
6	Strunjire de finisare	5	Strung normal	Cuțite	Șubler
7	Strunjire de finisare	6	Strung de copiat	Cuțit	Șubler
8	Rectificare	7	Mașină de rectificat exterior	Disc abraziv 400 × 60 × 127	Micrometru
9	Rectificare	8	Mașină de rectificat exterior	Disc abraziv 400 × 60 × 127	Micrometru
10	Rectificare	9	Mașină de rectificat exterior	Disc abraziv 400 × 60 × 127	Micrometru
11	Control	10	—	—	Șublere și micrometre
12	Danturare	11	Mașină de frezat dantură	Freză melc	Micrometru pentru dantură și calibre
13	Danturare	12	Mașină de mortezat dantură	Cuțit roată de mortezat	Micrometru pentru dantură și calibre

Tabelul 5.5 (continuare)

0	1	2	3	4	5
14	Danturare	13	Maşină de mortezat dantura	Cuţit roată de mortezat	Micrometru pentru dantură şi calibre
15	Raionarea danturii	14	Maşină de raionat dantură	Freză de raionat	—
16	Raionarea danturii	15	Maşină de raionat dantură	Freză de raionat	—
17	Ajustare	—	—	Pilă	—
18	Control	—	Maşină de control	—	Micrometre pentru dantură, calibre
19	Găurire	16	Maşină de găurit	Burghiu spiral	Şubler
20	Frezare canal de pană	17	Maşină de frezat orizontal	Freză pentru canal de pană	Şubler şi calibre
21	Ajustare	—	—	Pilă	—
22	Control	18	Masă de control	—	Instrumente adecvate
23	Tratament termic	—	—	—	—
24	Rectificare	19	Maşină de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 80 × 203	Micrometru
25	Rectificare	20	Maşină de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 80 × 203	Micrometru
26	Rectificare	21	Maşină de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 80 × 203	Micrometru
27	Control final	—	—	—	Instrumente adecvate

* Vezi planşa 5.5

Tabelul 5.6

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a arborelui cu came din figura 5.6

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Strunjire și centruire	1	Strung normal	Cuțit și burghiu de centruit	Șubler
2	Strunjire degroșare	2	Strung normal	Cuțit	Șubler
3	Strunjire și centruire	3	Strung normal	Cuțit și burghiu de centruire	Șubler
4	Strunjire și recentruire	4	Strung normal	Cuțit și burghiu de centruire	Șubler
5	Strunjire degroșare	5	Strung normal	Cuțite	Șubler
6	Strunjire degroșare	6	Strung normal	Cuțite	Șubler
7	Strunjire degroșare	7	Strung normal	Cuțite	Șubler
8	Strunjire	8	Strung normal	Cuțite	Șubler
9	Strunjire	9	Strung normal	Cuțite	Șubler
10	Control	10	Masă de control	—	Riglă, șubler
11	Rectificare	11	Masă de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 40 × 203	Micrometru
12	Rectificare	12	Masă de rectificat exterior	Disc abraziv 500 × 40 × 203	Micrometru
13	Frezare canal de pană	13	Mașină de frezat vertical	Freză cu trei tăișuri	Șubler
14	Găurire și teșire	14	Mașină de găurit cu coloană	Burghiu spiral și teșitor	Șubler de adîncime
15	Găurire	15	Mașină de găurit radială	Burghiu spiral	Șubler
16	Găurire	16	Mașină de găurit radială	Burghiu spiral	Șubler
17	Strunjirea canalelor de ungere	17	Strung normal	Cuțit profilat	Șubler
18	Strunjirea simultană a 12 came și a excentricului pompei de benzină	18	Strung semiautomat cu mai multe cuțite	Cuțite	Șubler, șabloane, calibre

Tabelul 5.6. (continuare)

0	1	2	3	4	5
19	Strunjirea de finisare a celor 12 came și a excentricului pompei de benzină	19	Strung semiautomat cu mai multe cuțite	Cuțite	Șubler, șabloane, calibre
20	Rectificare degroșare	20	Mașină specială de rectificat came	Discuri abrazive	Calibre
21	Frezare dantură	21	Mașină de frezat dantură	Freză-melc	Șubler și calibre
22	Ajustare	—	Masă de ajustat	Pilă	—
23	Control	22	Masă de control	—	Micrometre, calibre
24	Tratament termic	—	—	—	—
25	Redresare	—	Presă de îndreptat	—	—
26	Rectificare finisare fusuri	23	Mașină de rectificat rotund	Disc abraziv 500 × 75 × 203	Micrometru
27	Rectificare finisare	24	Mașină de rectificat rotund	Disc abraziv 500 × 75 × 203	Micrometru
28	Rectificare finisare came	25	Mașină specială de rectificat came	Discuri abrazive	Calibre
29	Filetare	26	Strung normal	Cuțit de filetat	Calibre
30	Redresare	—	Presă de îndreptat	—	—
31	Ajustare	—	Masă de ajustat	Pilă	—
32	Control feroflux	—	Instalație feroflux	—	—
33	Spălare	—	—	—	—
34	Control final	—	—	—	Instrumente adecvate

* Vezi Planșa 5.6

Tabelul 5.7

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a arborelui cotit din figura 5.7

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Frezare frontală și centruire	1	Mașină de frezat și centruit	Freză cilindro-frontală și burghiu de centruire	Șubler, riglă
2	Strunjire cilindrică și frontală a palierului central	2	Strung special	Cuțite	Șubler și calibru
3	Strunjire de degroșare simultană a palierelor și flanșei	3	Strung special	Cuțite	Șublere, calibre
4	Strunjire de finisare simultan la toate palierele și flanșă	4	Strung special	Cuțite	Șublere, calibre
5	Rectificare de degroșare succesivă a palierelor	5	Mașină de rectificat specială	Disc abraziv 700 × 40 × 425	Micrometre, calibre
6	Frezare a două suprafețe tehnologice la brațele *1* și *8*	6	Mașină de frezat vertical	Freză deget	Șubler, calibru
7	Strunjire frontală și recentruire	7	Strung normal	Cuțite și burghiu de centrare	Șubler, calibre
8	Strunjire cilindrică exterioară, frontală și găurire	8	Strung normal	Cuțite, burghie, teșitor	Șubler, calibre
9	Filetare pe lungime de 15,5 mm, pas 8 mm cu 2 începuturi și adîncime 2 mm.	9	Strung normal	Cuțite de filetat	Șubler, calibre
10	Strunjire simultană de degroșare a două manetoane	10	Strung special	Cuțite	Șubler, calibre
11	Strunjire simultană a fusurilor la manetoanele centrale	11	Strung special	Cuțite	Șubler, calibre
12	Rectificare de degroșare succesivă a manetoanelor	12	Mașină de rectificat specială	Disc abraziv 750 × 40 × 305	Micrometru, calibre

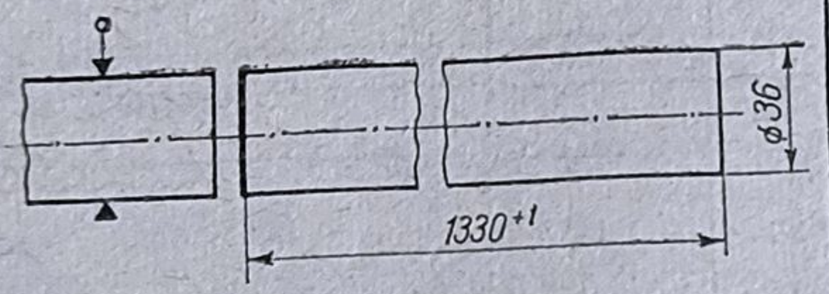
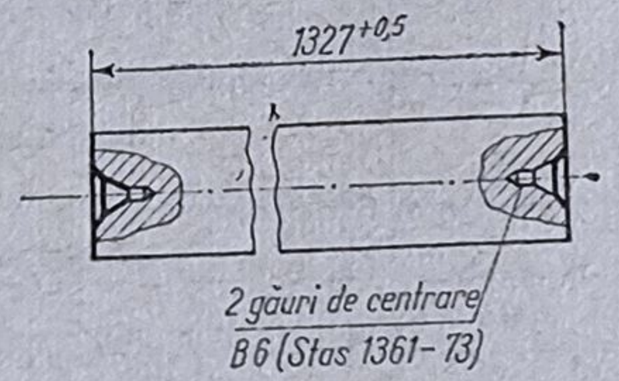
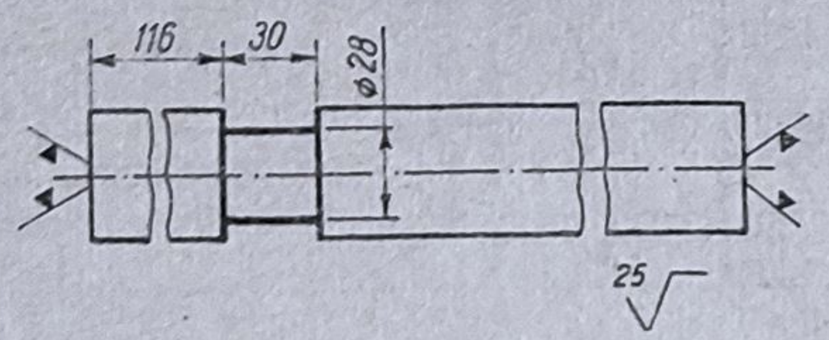
Tabelul 5.7 (continuare)

0	1	2	3	4	5
13	Găurire	13	Agregat special	Burghie speciale	Calibre
14	Găurire	14	Agregate speciale	Burghie, adîncitoare, teşitoare	Şubler, calibre
15	Găurire	15	Maşină de găurit cu coloană	Burghie teşitoare	Şubler, calibre
16	Găurire	16	Maşină de găurit cu coloană	Burghie teşitoare	Şubler, calibre
17	Ajustare	—	Masă de ajustaj	Pile	—
18	Frezare	17	Maşină de frezat vertical	Freză-disc	Şubler
19	Tratament termic	—	—	—	—
20	Rectificare semifinisare paliere	18	Maşină de rectificat specială	Disc abraziv 700 × 40 × 425	Calibre, micrometre
21	Rectificare semifinisare manetoane	19	Maşină de rectificat specială	Disc abraziv 900 × 400 × 305	Calibre, micrometre
22	Rectificare finisare flanşă	20	Maşină de rectificat rotund	Disc abraziv 600 × 40 × 305	Calibre, micrometre
23	Rectificare finisare	21	Maşină de rectificat rotund	Disc abraziv 750 × 75 × 305	Calibre, micrometre
24	Echilibrare	—	Maşină de echilibrat	Burghiu special	—
25	Frezare canale de pană	22	Maşină de frezat orizontal	Freze disc	Şubler
26	Rectificare finisare paliere	23	Maşină de rectificat specială	Disc abraziv 916 × 45 × 305	Calibre, micrometre
27	Rectificare finisare manetoane	24	Maşină de rectificat specială	Disc abraziv 1 100 × 52 × 305	Calibre, micrometre
28	Superfinisare paliere şi manetoane	25	Maşină de superfinisat	Bandă de şlefuit	Calibre
29	Control final	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate

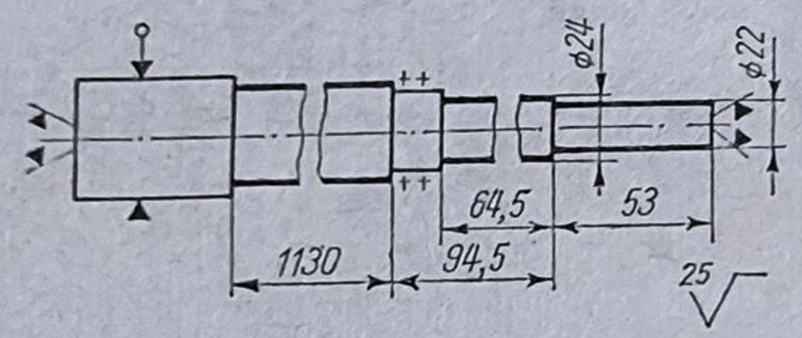
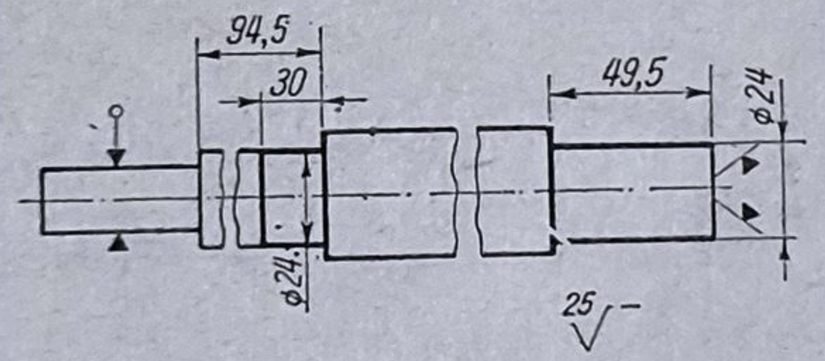
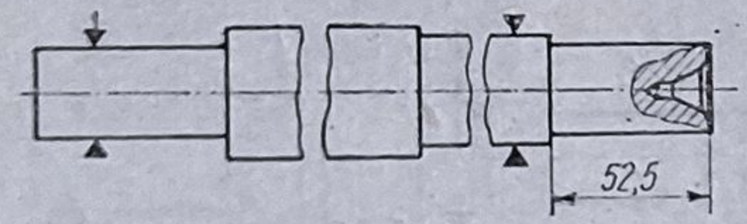
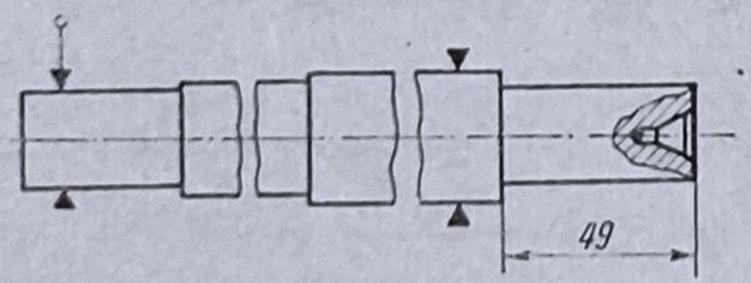
* Vezi planşa 5.7

Tabelul 5.8

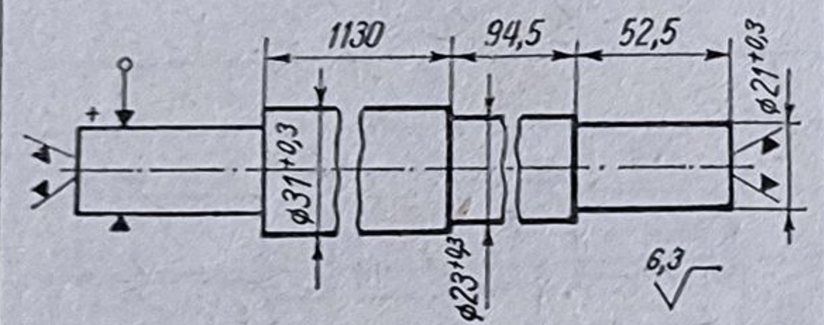
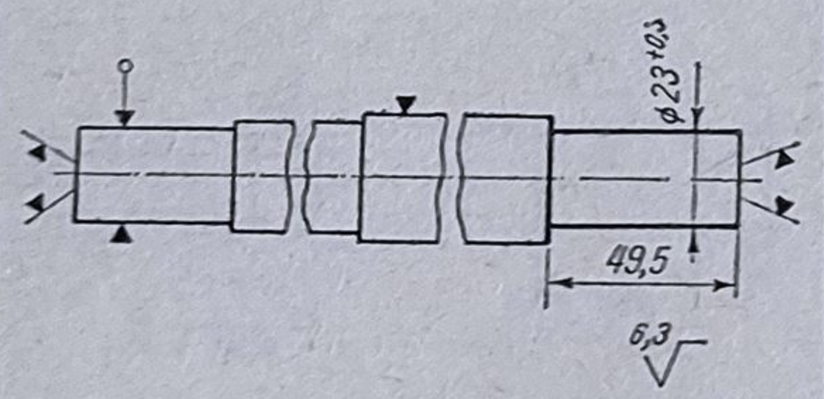
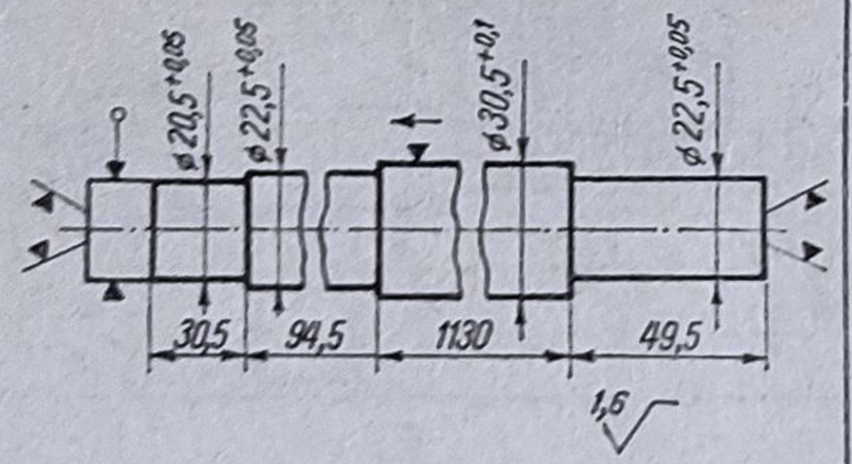
Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a şurubului conducător din figura 5.10

Nr. crt.	Denumirea operaţiei	Schiţa de prelucrare*	Maşină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Debitare		Ferăstrău	Pînză ferăstrău	Riglă
2	Normalizare	—	—	—	—
3	Redresare	—	Presă de îndreptat	—	—
4	Strunjire frontală şi centruire		Strung normal	Cuţit şi burghiu de centruire	Riglă, şubler
5	Strunjire locaş lunetă		Strung normal	Cuţit	Şubler, riglă

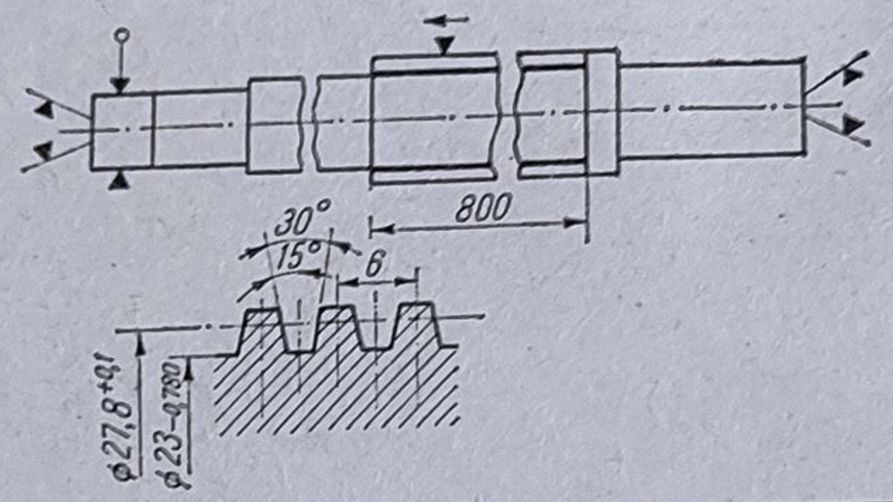
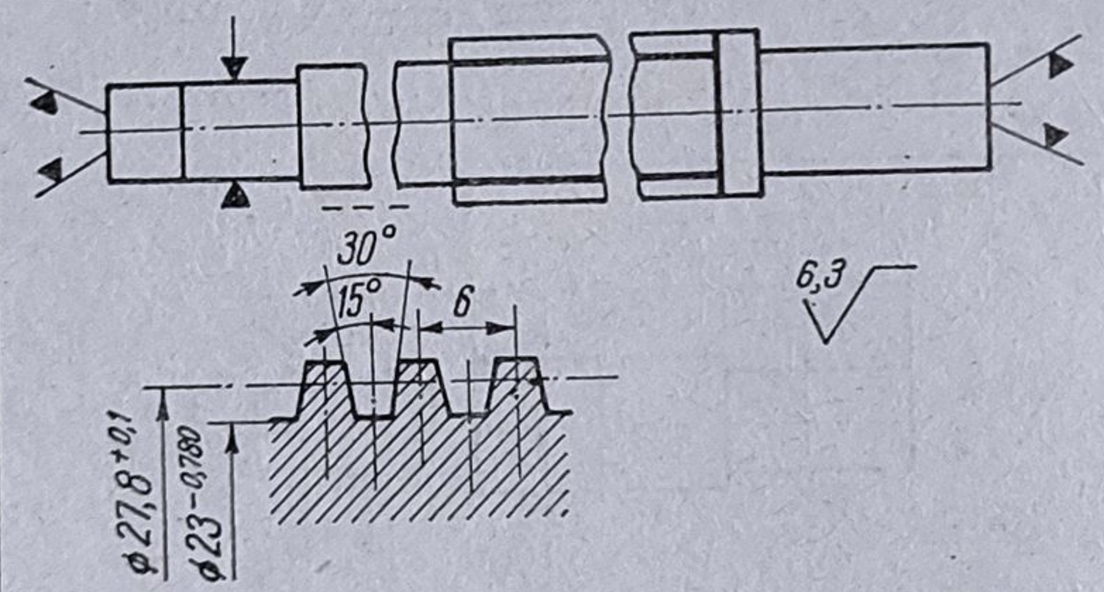
Tabelul 5.8 (continuare)

0	1	2	3	4	5
6	Strunjire de degroşare		Strung normal	Cuţit	Şubler, riglă
7	Strunjire de degroşare		Strung normal	Cuţite	Şubler, riglă
8	Detensionare	—	—	—	—
9	Strunjire frontală şi recentruire		Strung normal	Cuţit şi burghiu de centruire	Riglă, şubler
10	Strunjire frontală şi recentruire		Strung normal	Cuţit şi burghiu de centruire	Riglă, şubler

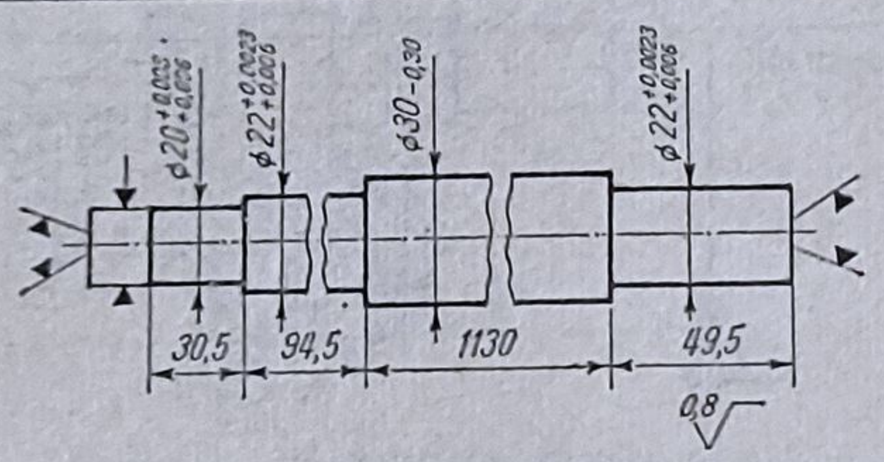
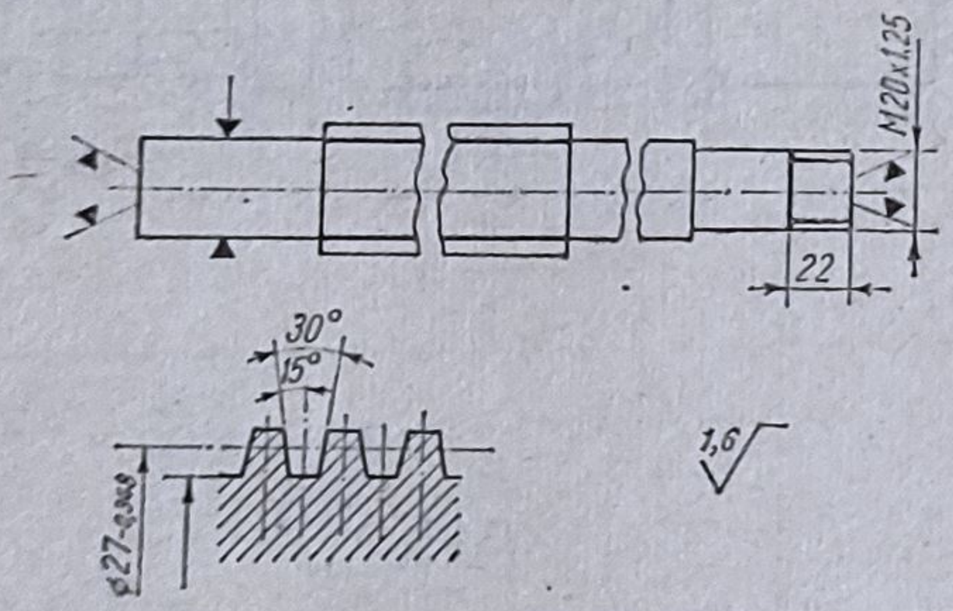
Tabelul 5.8 (continuare)

0	1	2	3	4	5
11	Strunjire de finisare		Strung normal	Cuţite	Şubler, riglă
12	Strunjire de finisare		Strung normal	Cuţite	Şubler, riglă
13	Rectificare		Maşină rectificat rotund	Disc abraziv 801 × 100 × 203	Micrometru

Tabelul 5.8 (continuare)

0	1	2	3	4	5
14	Filetare de degroșare		Mașină de frezat filete	Freză disc de filetat	Calibru
15	Redresare	—	Presă de îndreptat	—	—
16	Semifinisarea filetului		Strung de filetat	Cuțit profilat	Calibru
17	Detensionare	—	—	—	—
18	Rectificarea găurilor de centrare	—	Mașină specială de rectificat găuri de centrare	Pietre abrazive conice	—

Tabelul 5.8 (continuare)

0	1	2	3	4	5
19	Frezare canale de pană	—	Maşină de frezat verticală	Freză de canelat	Şubler
20	Rectificare de finisare		Maşină de rectificat rotund	Disc abraziv 800 × 100 × 203	Micrometru
21	Finisarea filetului trapezoidal şi tăierea filetului metric		Strung de filetat	Cuţite profilate	Calibre
22	Ajustare	—	—	Pilă	—
23	Control final	—	—	—	Instrumente adecvate

8. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru arborele cu pinion conic din figura 5.11 în ipoteza unei producții de serie, din semifabricat matrițat din oțel aliat de cementare.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.9.

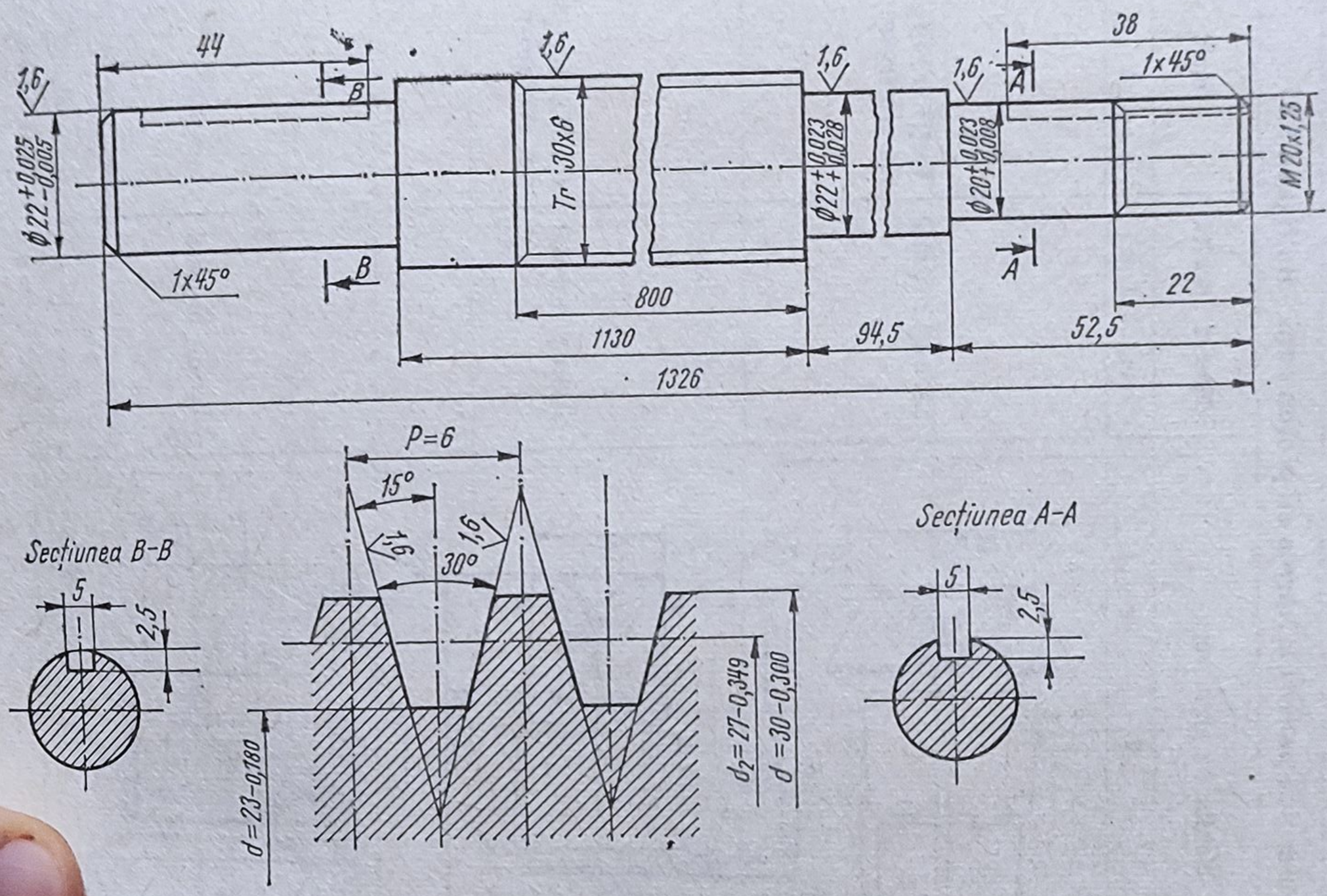


Fig. 5.10

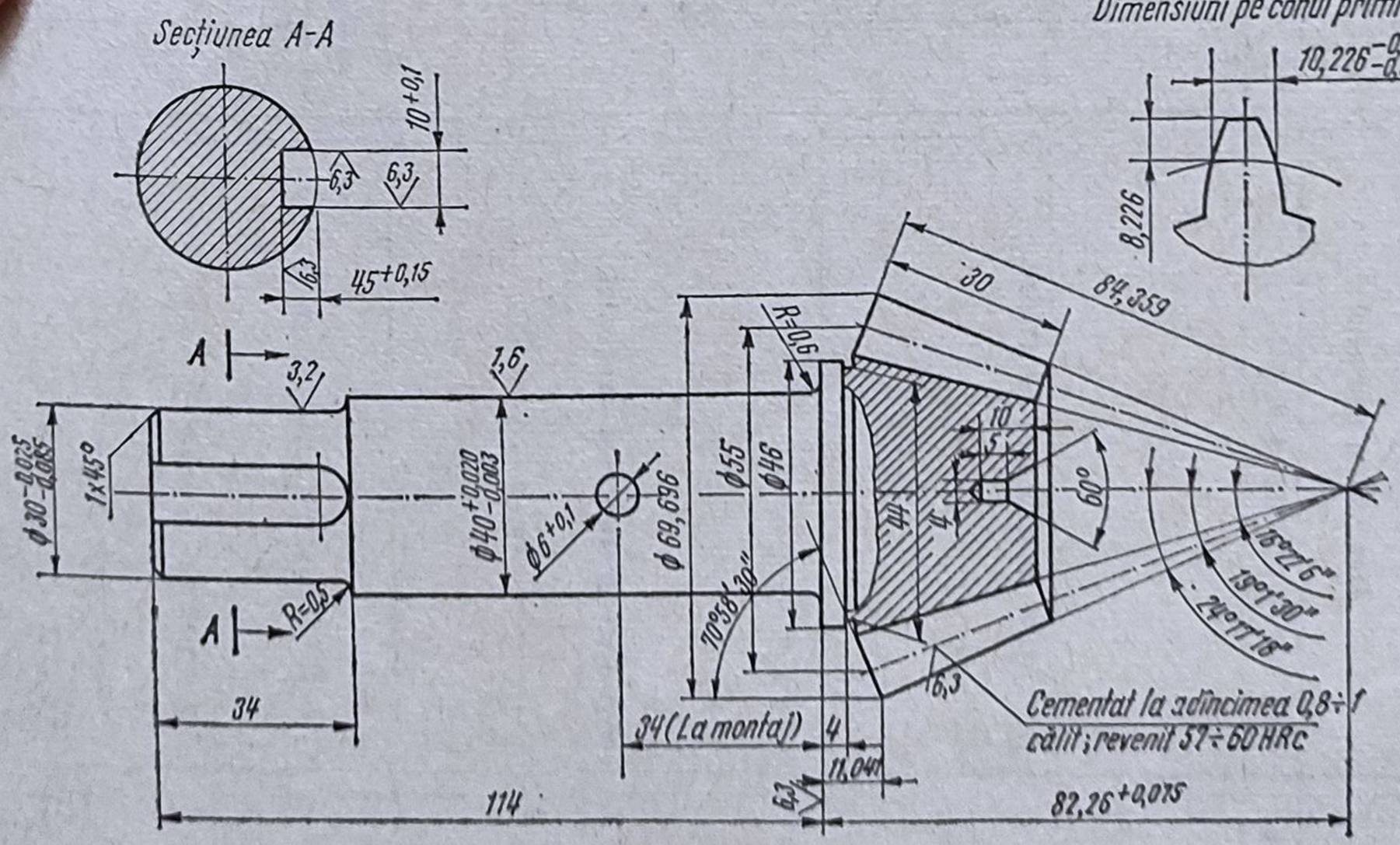
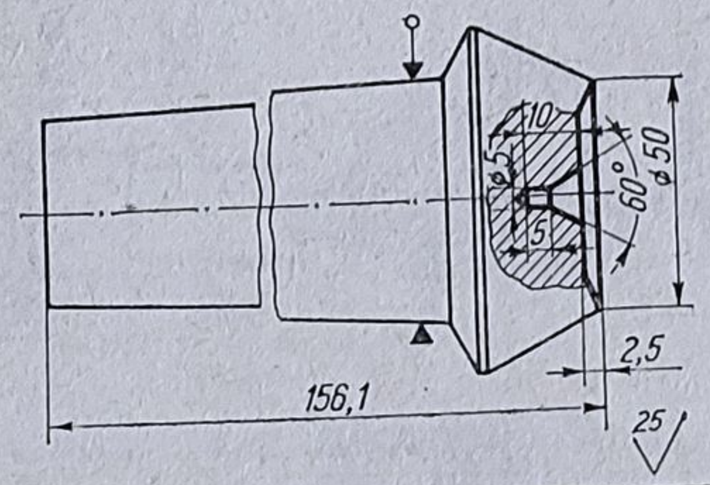
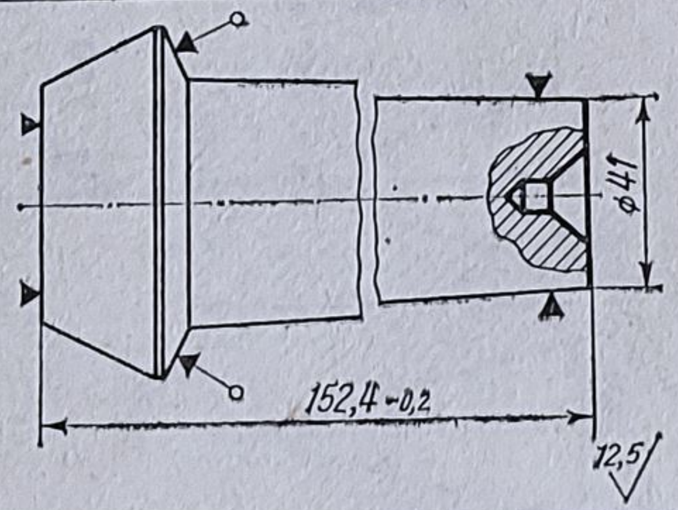
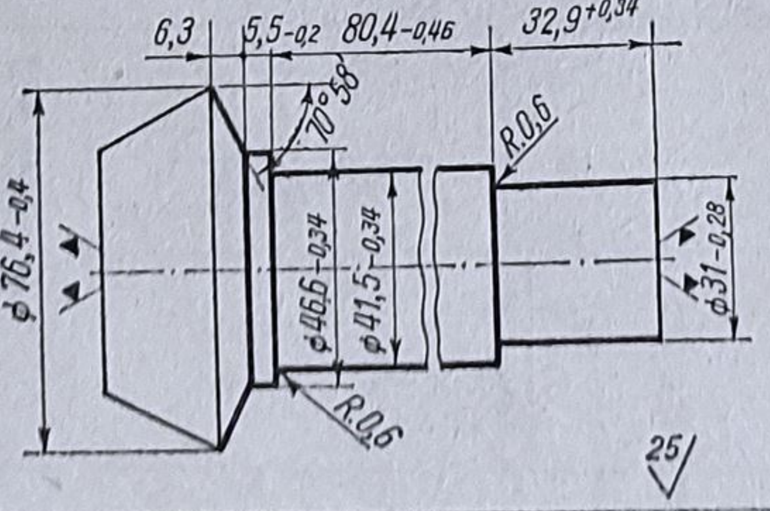


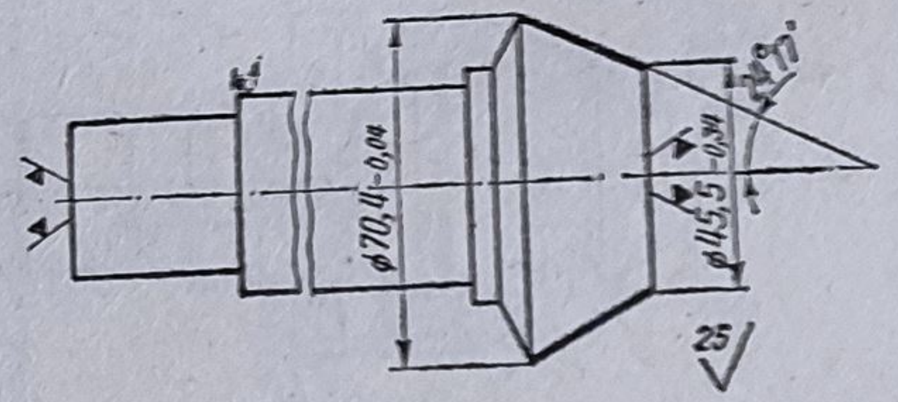
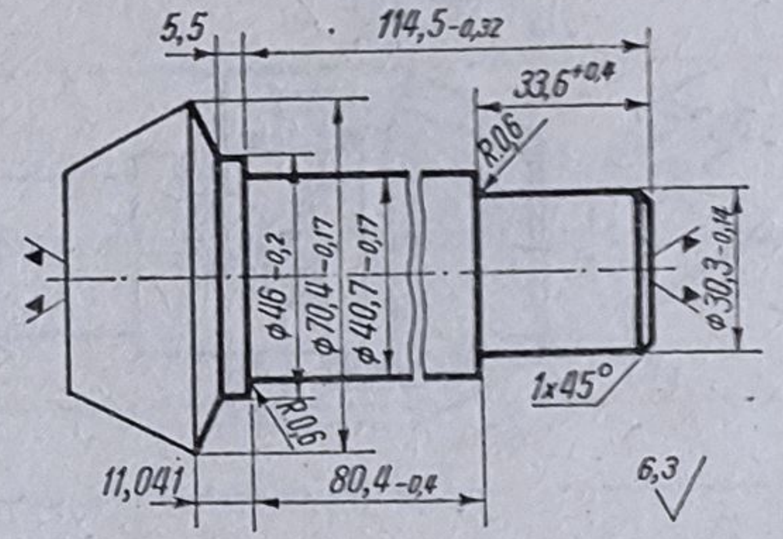
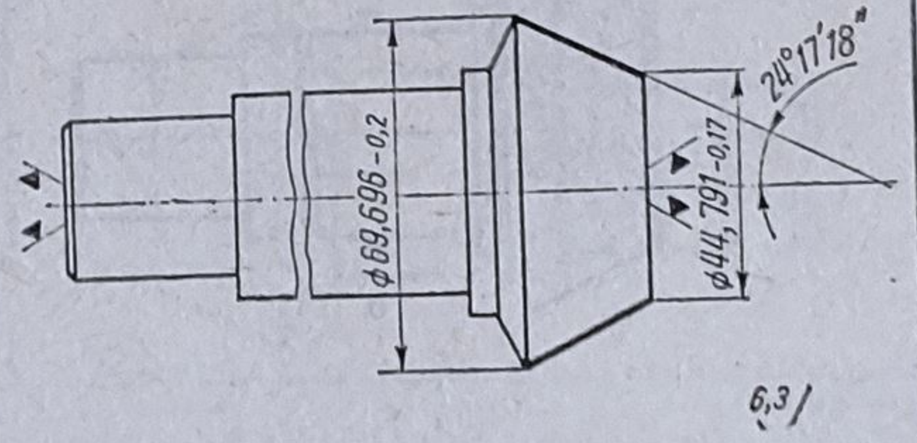
Fig. 5.11

Tabelul 5.9

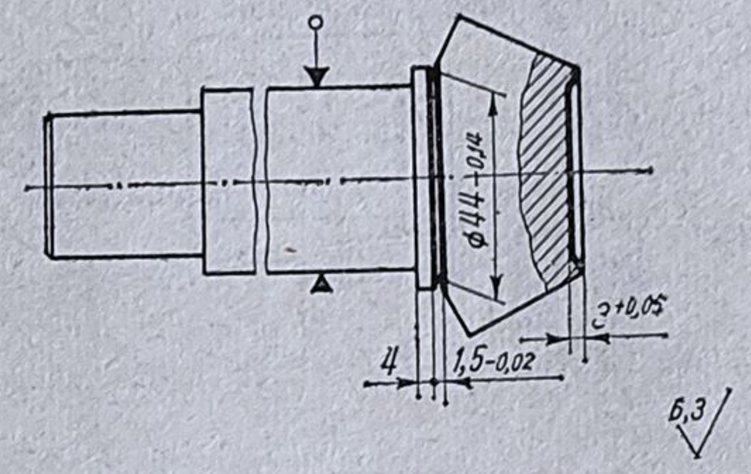
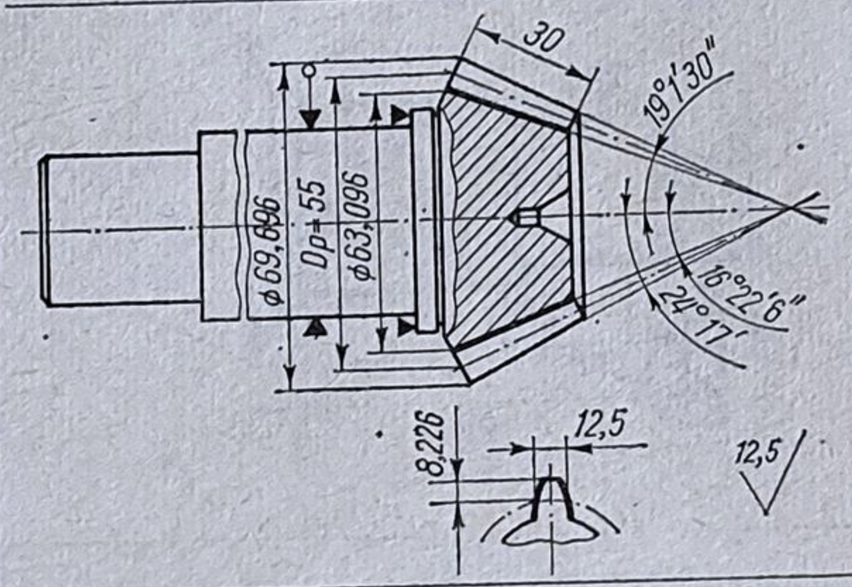
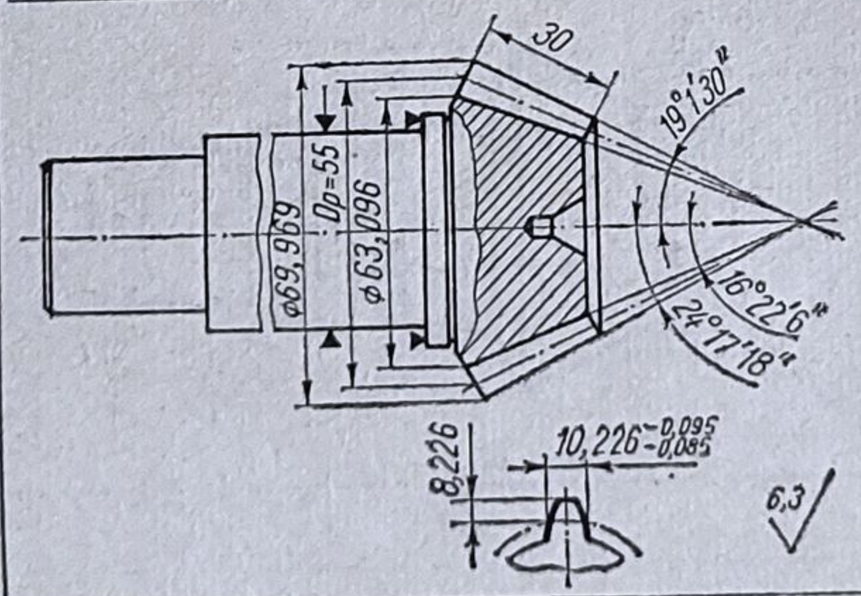
Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru arborele cu pinion conic din figura 5.11

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Strunjire frontală și centruire		Strung normal	Cuțit și burghiu de centruire	Șubler
2	Strunjire frontală și centruire		Strung normal	Cuțit și burghiu de centruire	Șubler
3	Strunjire de degroșare		Strung normal	Cuțit	Șubler

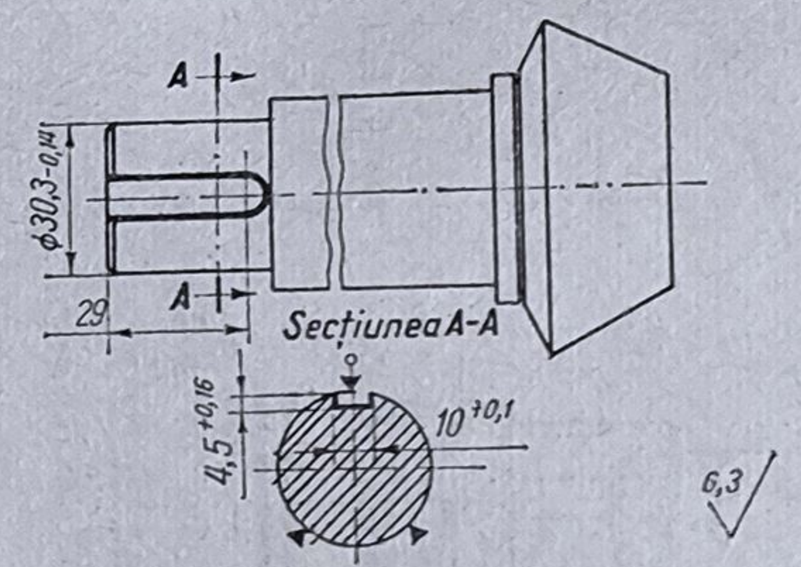
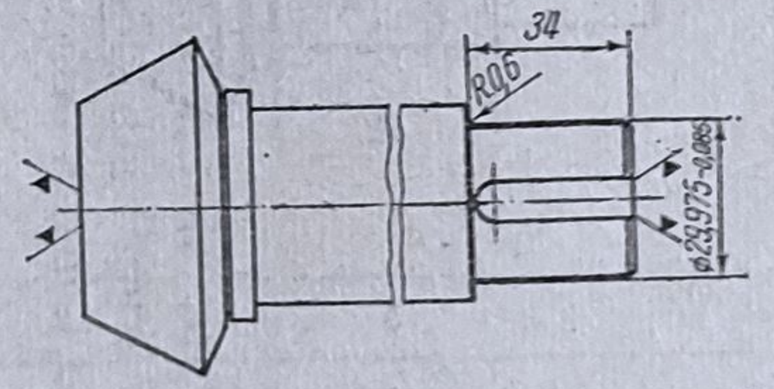
Tabelul 5.9 (continuare)

0	1	2	3	4	5
4	Strunjire conică de degroşare		Strung normal	Cuţit	Şubler
5	Strunjire de finisare		Strung normal	Cuţite	Şubler
6	Strunjire conică de finisare		Strung normal	Cuţite	Şubler

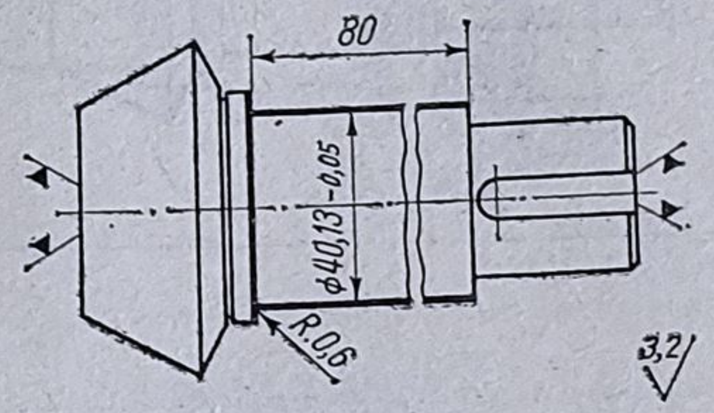
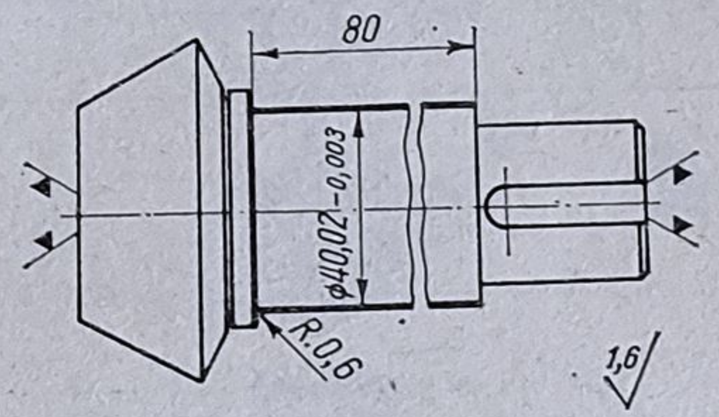
Tabelul 5.9 (continuare)

0	1	2	3	4	5
7	**Strunjire frontală și transversală**		Strung normal	Cuțite	Șubler
8	**Danturare de degroșare**		Mașină de frezat dantură conică	Freze disc	Calibre
9	**Danturare de finisare**		Mașină de rabotat dantură conică	Cuțite de danturat	Calibre

Tabel 5.9 (continuare)

0	1	2	3	4	5
10	Frezare canal de pană		Mașină de frezat verticală	Freză deget de canelat	Șubler
11	Ajustare	—	Masă de ajustaj	Pilă	—
12	Control	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate
13	Tratament termic	—	—	—	—
14	Rectificare de degroșare		Mașină de rectificat rotund	Disc abraziv 500 × 40 × 203	Micrometru

Tabelul 5.9 (continuare)

0	1	2	3	4	5
15	Rectificare de degroşare		Maşină de rectificat rotund	Disc abraziv 500 × 40 × 203	Micrometru
16	Rectificare de finisare		Maşină de rectificat rotund	Disc abraziv 500 × 40 × 203	Micrometru
17	Control final	—	—	—	Instrumente adecvate

9. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru roata dințată conică din figura 5.12, în ipoteza unei producții de serie, din semifabricat matrițat din oțel aliat de cementare.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.10.

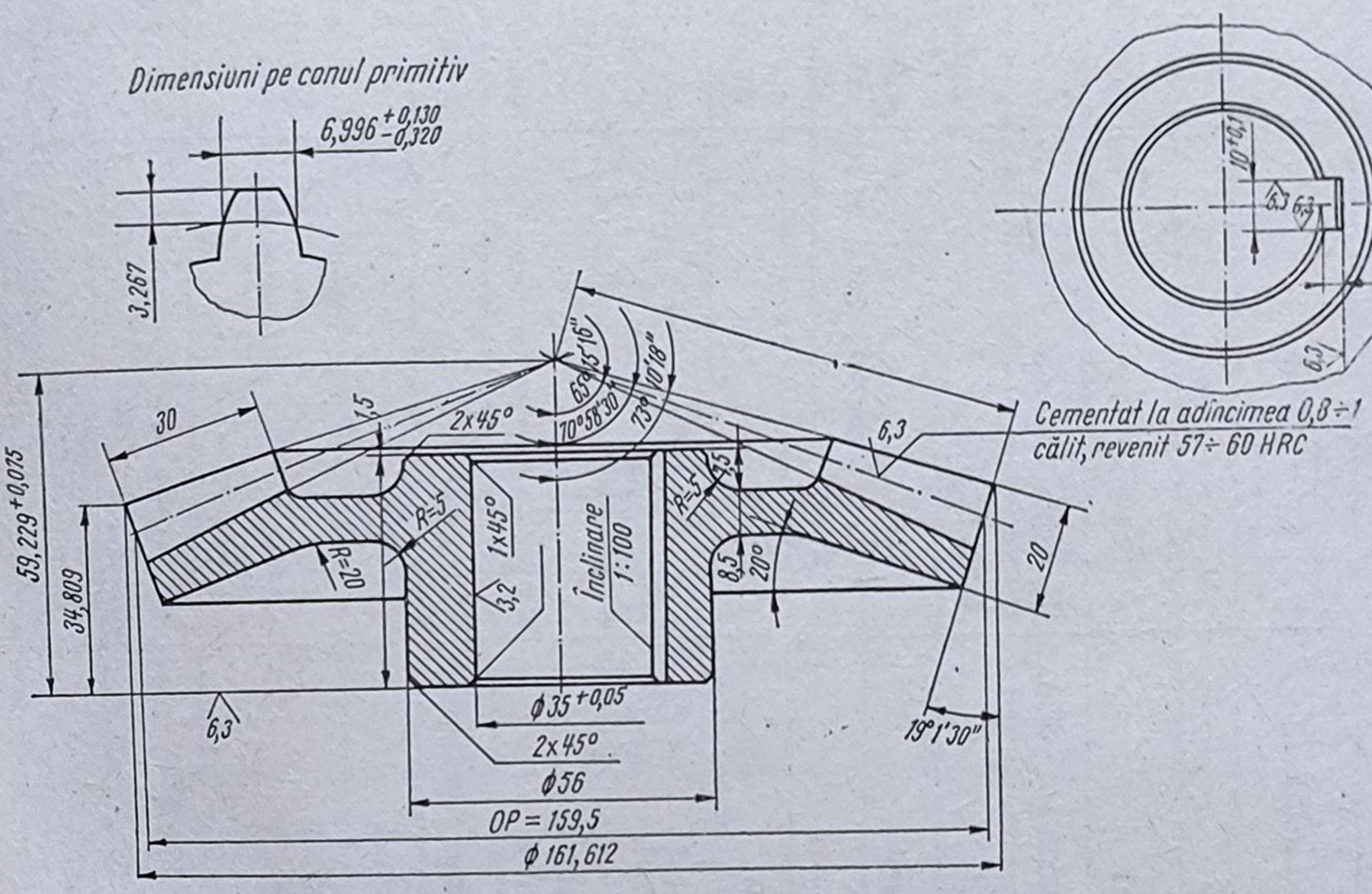


Fig. 5.12

10. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică pentru roata dințată cilindrică cu coroană dublă din figura 5.13, *a*, în ipoteza unei producții de masă, din semifabricat matrițat din oțel OLC 45 (fig. 5.13, *b*).

Rezolvare. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică este prezentat în tabelul 5.11.

Din tabel rezultă că se folosește atît principiul concentrării cît și diferențierii operațiilor tehnologice pentru prelucrarea mecanică a roții dințate.

O problemă importantă la prelucrarea mecanică a roților dințate o constituie stabilirea metodei și procedeului de danturare. Danturarea se poate face prin copiere (fig. 5.14), sau generare (fig. 5.15). Atît danturarea prin copiere, cît și danturarea prin generare se pot face prin mai multe procedee de lucru, opțiunea pentru unul din acestea făcîndu-se pe baza unor analize tehnico-economice adecvate.

11. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice pentru prelucrarea mecanică a bielei din figura 5.16, în ipoteza unei producții de serie, folosindu-se semifabricat matrițat din OLC 45.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a bielei este prezentat în tabelul 5.12.

Tabelul 5.10

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru roata dințată conică din figura 5.12

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Strunjire frontală	1	Strung normal	Cuțit	Șubler
2	Burghiere	—	Mașină de găurit cu coloană	Burghie speciale	Șubler
3	Strunjire interioară	2	Strung normal	Cuțite	Șubler
4	Strunjire de degroșare	3	Strung de copiat	Cuțit	Calibru
5	Strunjire de finisare	4	Strung de copiat	Cuțit	Calibru
6	Strunjire frontală	5	Strung normal	Cuțit	Șubler
7	Danturare de degroșare	6	Mașină de frezat dantură conică	Freze disc modul	Calibru
8	Danturare de finisare	7	Mașină de rabotat dantură conică	Cuțite	Calibru
9	Broșare canal pană	8	Mașină de broșat verticală	Broșă	Calibru
10	Ajustare	—	Mașină de ajustat	Pilă	—
11	Control	—	Mașină de control	—	Instrumente adecvate
12	Tratament termic	—	—	—	—
13	Rectificare interioară	9	Mașină de rectificat interior	Disc abraziv 25 × 20 × 10	Calibru
14	Control final	—	Mașină de control	—	Instrumente adecvate

* Vezi planșa 5.10

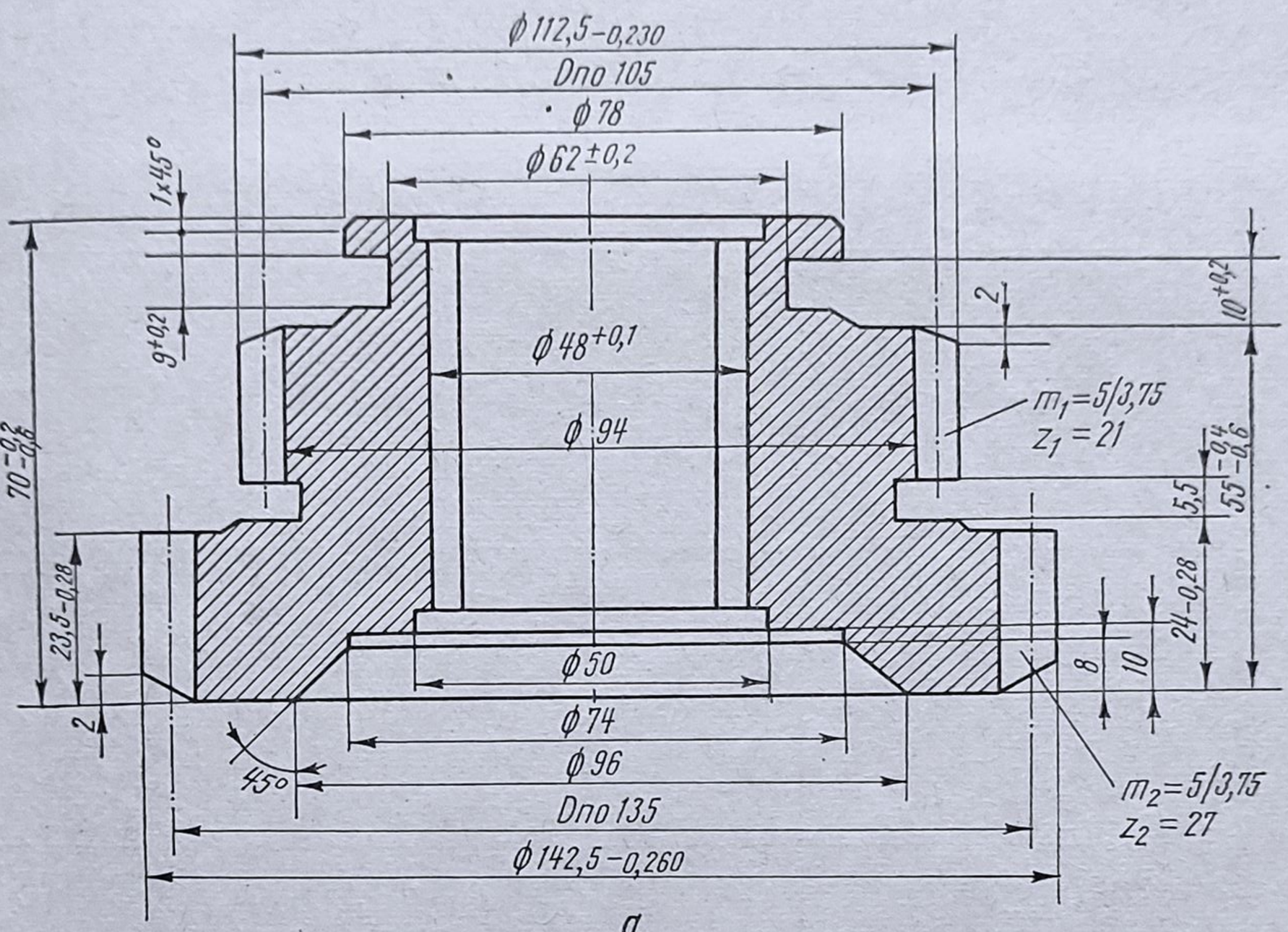
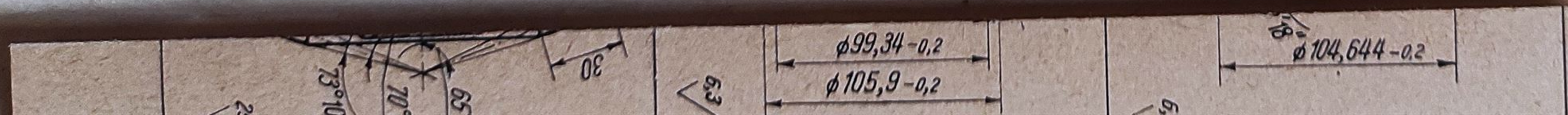

ϕ112,5–0,230
Dпо 105
ϕ78
ϕ62±0,2
1×45°
9+0,2
ϕ48+0,1
ϕ94
2
10+0,2
m1=5/3,75
z1=21
70–0,3
23,5–0,28
2
5,5
55–0,4 –0,6
24–0,28
8
10
ϕ50
ϕ74
ϕ96
45°
m2=5/3,75
z2=27
Dпо 135
ϕ142,5–0,260
a
ϕ118
ϕ84
ϕ34,5+1,0 –2,5
5
R5
R3
R5
R3
R10
2°
31
73,5
28
ϕ37±1
10+0,5 –1,0
45°
ϕ100+1,0 –2,0
ϕ148
b

Fig. 5.13

Tabelul 5.11

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru roata dinţată cilindrică cu două coroane, din figura 5.13

Nr. crt.	Denumirea operaţiei	Schiţa de prelucrare şi reglaj*	Regim de lucru		Norma tehnică de timp (s)	
			Viteză de aşchiere (m/min)	Avans (mm/rot)	de bază	unitar
0	1	2	3	4	5	6
1	Strunjire de degroşare	1	48,5 115 115	0,57 0,16 0,25	58	87
2	Strunjire de degroşare	2	45 115 115	0,57 0,20 0,25	60	88
3	Broşare	3	2	0,06 mm/dinte	34	53
4	Strunjire de finisare	4	110	0,2	44	68
5	Frezare dantură coroană mare	5	45	3,5	217	242
6	Mortezare pe contur coroană mică	6	5,2	0,09	68	90
7	Rotunjire dinţi coroană mare	7	16	0,4	62	86
8	Rotunjire dinţi coroană mică	8	16	0,4	66	90
9	Curăţire	9	—	—	30	49

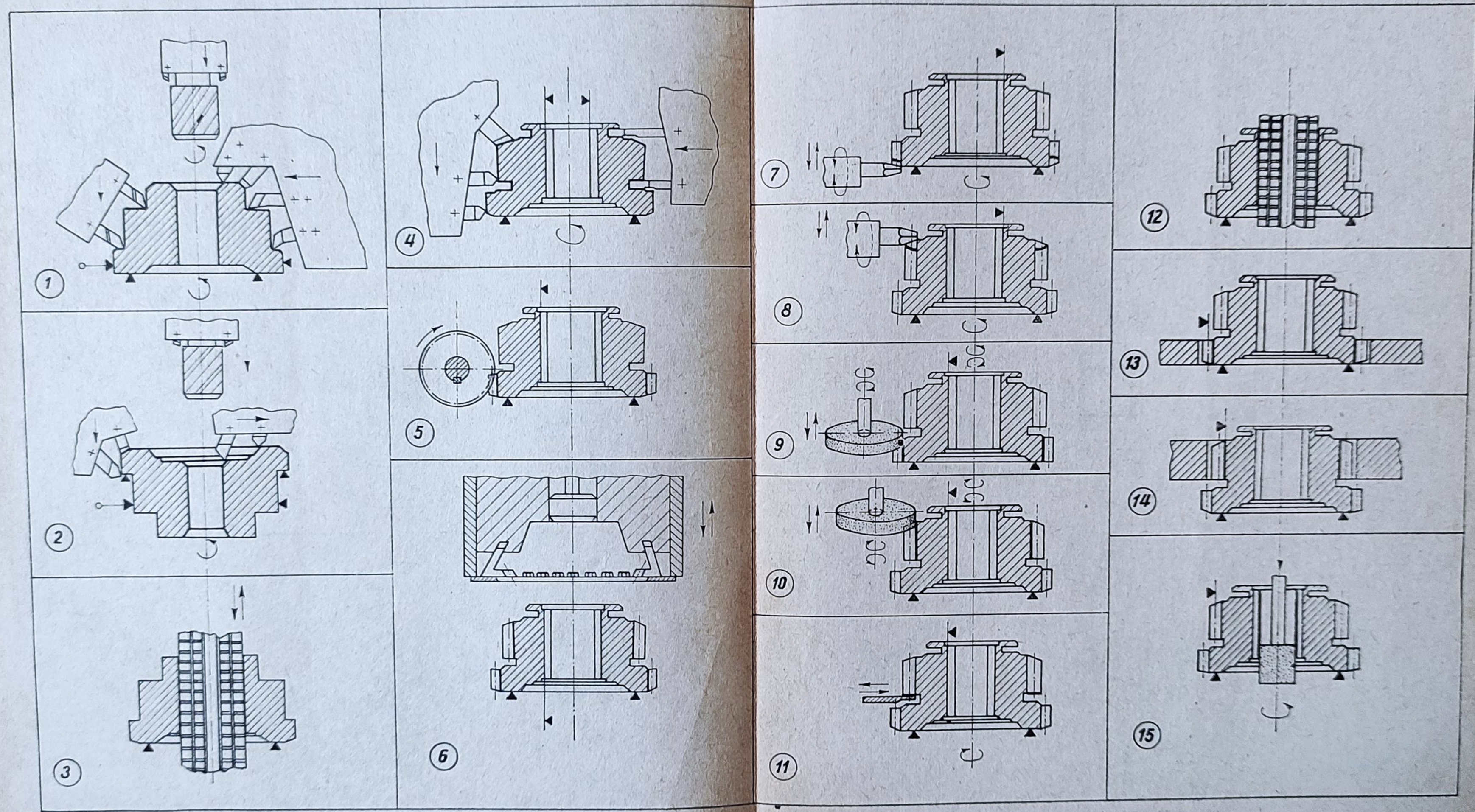


9	Curăţire	9	—	—	50	

Tabelul 5.11 (continuare)

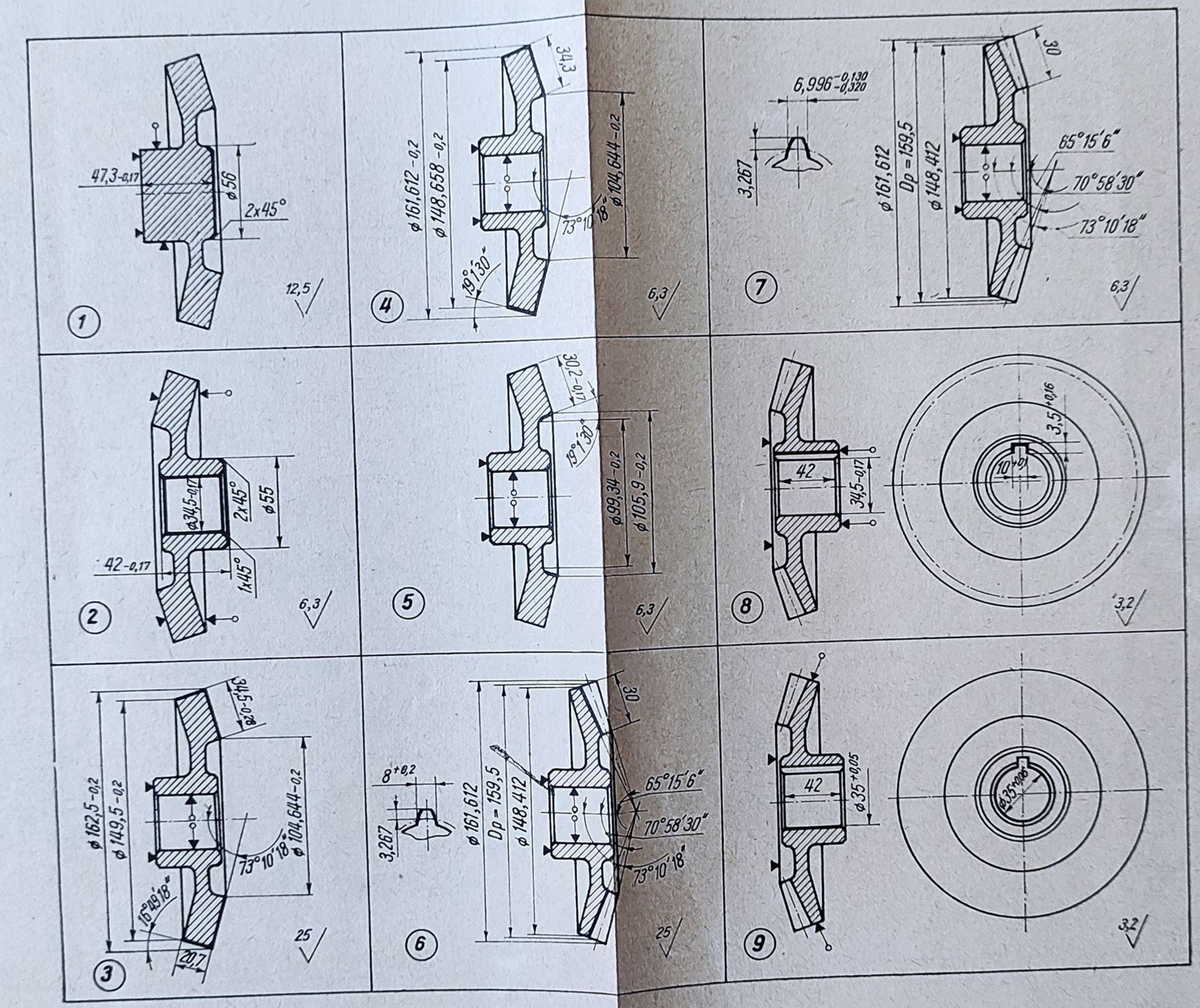
0	1	2	3	4	5	6
10	Severuire dinţi coroană mare	10	40	$\frac{0,25}{0,4 \text{ mm/cd.}}$	67	90
11	Severuire dinţi coroană mică	11	40	$\frac{0,25}{0,8 \text{ mm/cd.}}$	66	89
12	Marcare	—	—	—	35	54
13	Control	—	—	—	60	82
14	Tratament termic	—	—	—	—	—
15	Calibrare caneluri	12	1,2	—	30	49
16	Rodare dantură coroană mare	13	—	—	20	40
17	Rodare dantură coroană mică	14	—	—	20	40
18	Rectificare interioară	15	—	—	200	230
19	Control final	—	—	—	60	82

* Vezi planşa 5.11


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

DESENE PENTRU TABELUL 5.10

Planşa 5.10



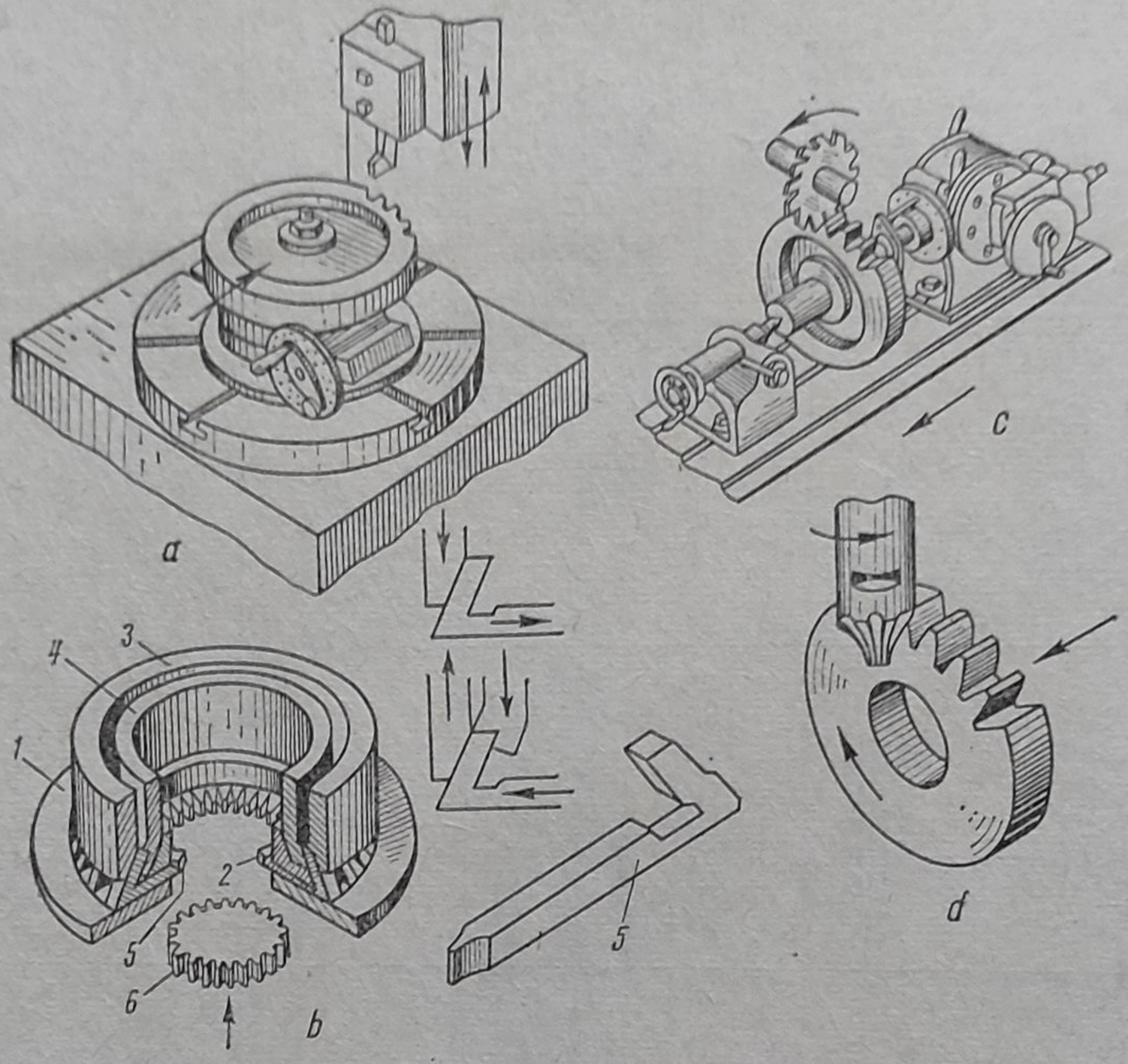


Fig. 5.14

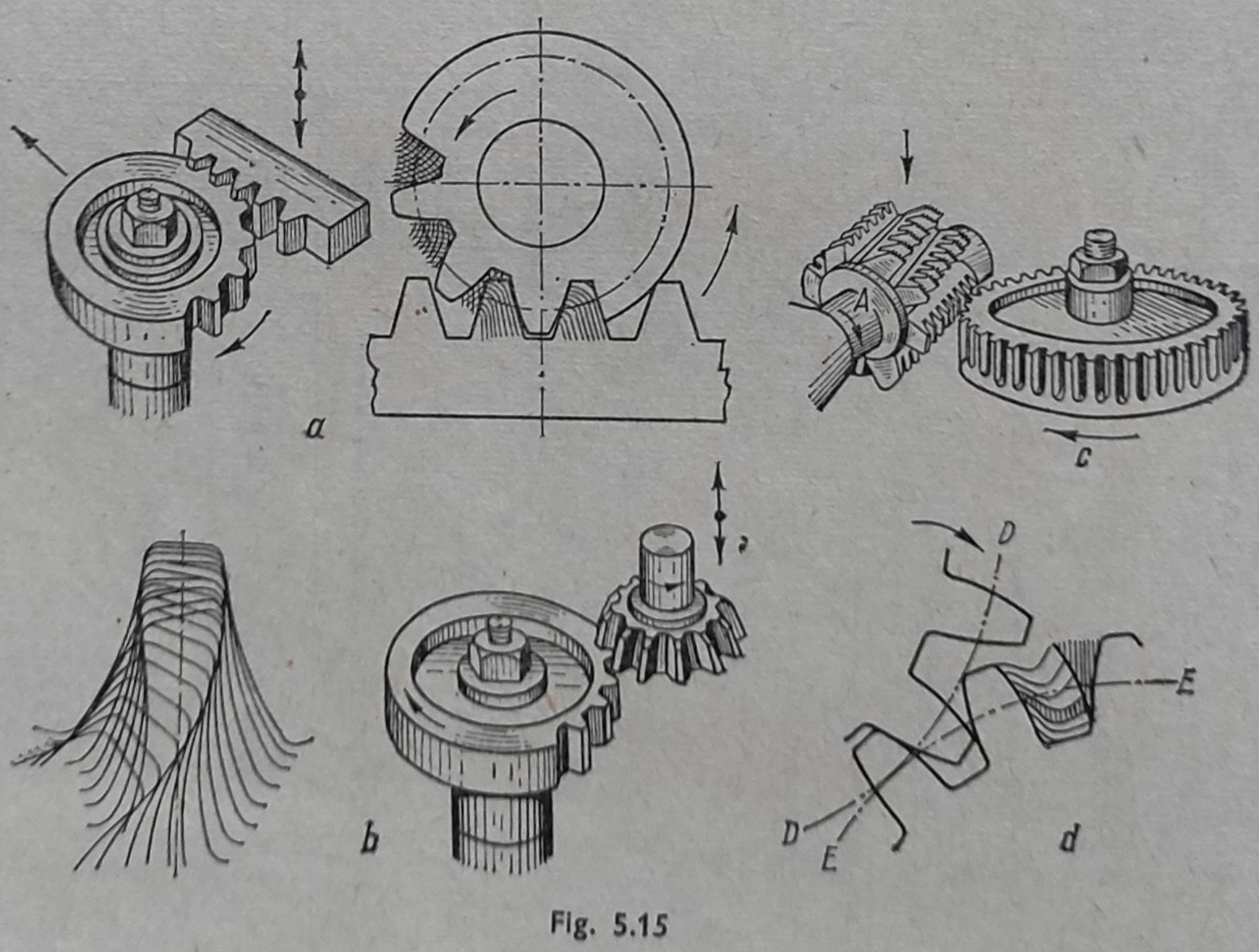


Fig. 5.15

Tabelul 5.12

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru biela din figura 5.16

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașina-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Recepție semifabricat	1	Masă de control	—	Șublere, durimetru
2	Frezare	2	Mașină orizontală de frezat	Freze speciale	Calibre
3	Rectificare	3	Mașină pentru rectificat plan	Discuri abrazive cu segmenți	Calibre
4	Burghiere	4	Mașină de găurit cu coloană	Burghiu special	Calibru
5	Zencuire	5	Mașină de găurit cu coloană	Teșitor	Șablon
6	Strunjire de degroșare	6	Mașină de găurit cu coloană	Cuțit	Calibru
7	Strunjire de finisare	7	Mașină de găurit cu coloană	Cuțit	Calibru
8	Frezare	8	Mașină orizontală de frezat	Freză cilindro-frontală	Echer, etalon
9	Broșare	9	Mașină de broșat verticală	Broșă specială	Calibru
10	Frezare	10	Mașină orizontală de frezat	Freze cilindro-frontale	Șubler, calibru
11	Ajustare	11	Banc de ajustaj	Pilă	—
12	Burghiere	12	Mașină specială de găurit	Burghiu special	Calibru
13	Adîncire	13	Mașină specială de găurit	Adîncitor	Calibru
14	Teșire	14	Mașină de găurit vertical	Teșitor	—
15	Ajustare	15	Banc de ajustaj	Pilă	—
16	Strunjire	16	Mașină de găurit vertical	Cuțit	Șubler
17	Burghiere	17	Mașină de găurit vertical	Burghiu special	Calibru
18	Burghiere	18	Mașină de găurit vertical	Burghiu special	Calibru
19	Frezare	19	Masă orizontală de frezat	Freză disc	Calibru
20	Frezare	20	Masă orizontală de frezat	Freză disc	Șablon
21	Ajustare	—	Banc de ajustaj	Pilă	—
22	Control final	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate

* Vezi planșa 5.12

Tabelul 5.13

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru pistonul din figura 5.17

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare	Mașina-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Recepție semifabricat	—	Masă de control	—	Șubler, durimetru
2	Strunjire	1	Agregat special	Cuțite	Calibre, șubler
3	Centruire	—	Strung normal	Burghiu centrare	Șubler
4	Adîncirea locașului pt. bolț	—	Agregat special	Adîncitoare	Calibre
5	Strunjire de degroșare	2	Strung semiautomat cu mai multe cuțite	Cuțite	Șubler
6	Strunjire de finisare	3	Strung semiautomat cu mai multe cuțite	Cuțite	Șubler, calibre
7	Burghiere	4	Agregat special	Burghie spec.	Calibre
8	Control	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate
9	Rectificare	5	Mașină de rectificat oval	Disc abraziv	Micrometru, aparat de măsurat ovalitatea
10	Ajustare	—	Banc de ajustaj	Pilă	Vizual
11	Cositorire	—	Instalație specială	—	Vizual
12	Strunjire calotă	6	Strung echipat special	Cuțite	Șabloane
13	Strunjire de finisare locaș pentru bolț	7	Aparat special	Cuțite	Calibre
14	Ajustare	—	Banc ajustaj	Pilă	Vizual
15	Control final	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate

* Vezi planșa 5.13

Tabelul 5.14

* Vezi planșa 5.13

Tabelul 5.14

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică pentru carterul cutiei de distribuție din figura 5.18

Nr. crt.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașină-unealtă	Scule	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Recepție semifabricat	—	Masă de control	—	Șubler, durimetru
2	Frezare	1	Mașină de frezat plan	Freză cilindro-frontală	Șubler
3	Burghiere	2	Mașină găurit vertical	Burghie spirale	Calibru
4	Frezare	3	Mașină de frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
5	Frezare	4	Mașină de frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
6	Frezare	5	Mașină de frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
7	Frezare	6	Mașină de frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
8	Strunjire	7	Mașină de alezat și frezat	Cuțite	Calibre
9	Găurire-filetare	8	Mașină de găurit vertical	Burghie și tarozi	Calibre
10	Găurire-alezare	9	Mașină de găurit vertical	Burghie, alezoare, teșitor	Calibre
11	Găurire-filetare	10	Mașină de găurit vertical	Burghie, freză de lamat, tarozi	Calibre
12	Lamare	11	Mașină de găurit radială	Freză de lamat	Calibre
13	Lamare	12	Mașină de găurit radială	Freză de lamat	Calibre
14	Ajustare	—	Banc de ajustaj	Pilă	Vizual
15	Control final	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate

* Vezi planșa 5.14

Tabelul 5.15

Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a carcasei din figura 5.19

Nr. cr.	Denumirea operației	Schița de prelucrare*	Mașina-unealtă	Scula	Verificatoare
0	1	2	3	4	5
1	Frezare	1	Mașină frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
2	Strunjire de degroșare	2	Mașină de alezat și frezat orizontal	Cuțite	Calibre
3	Strunjire de finisare	3	Mașină de alezat și frezat orizontal	Cuțite	Calibre
4	Frezare	4	Mașină de frezat orizontal	Freză cilindro-frontală	Șubler
5	Burghiere	5	Mașină de găurit radial	Burghie	Șubler
6	Burghiere	6	Mașină de găurit radial	Burghie	Șubler
7	Filetare	7	Mașină de filetat	Tarozi	Calibre
8	Filetare	8	Mașină de filetat	Tarozi	Calibre
9	Filetare	9	Mașină de filetat	Tarozi	Calibre
10	Control final	—	Masă de control	—	Instrumente adecvate

* Vezi planșa 5.15.

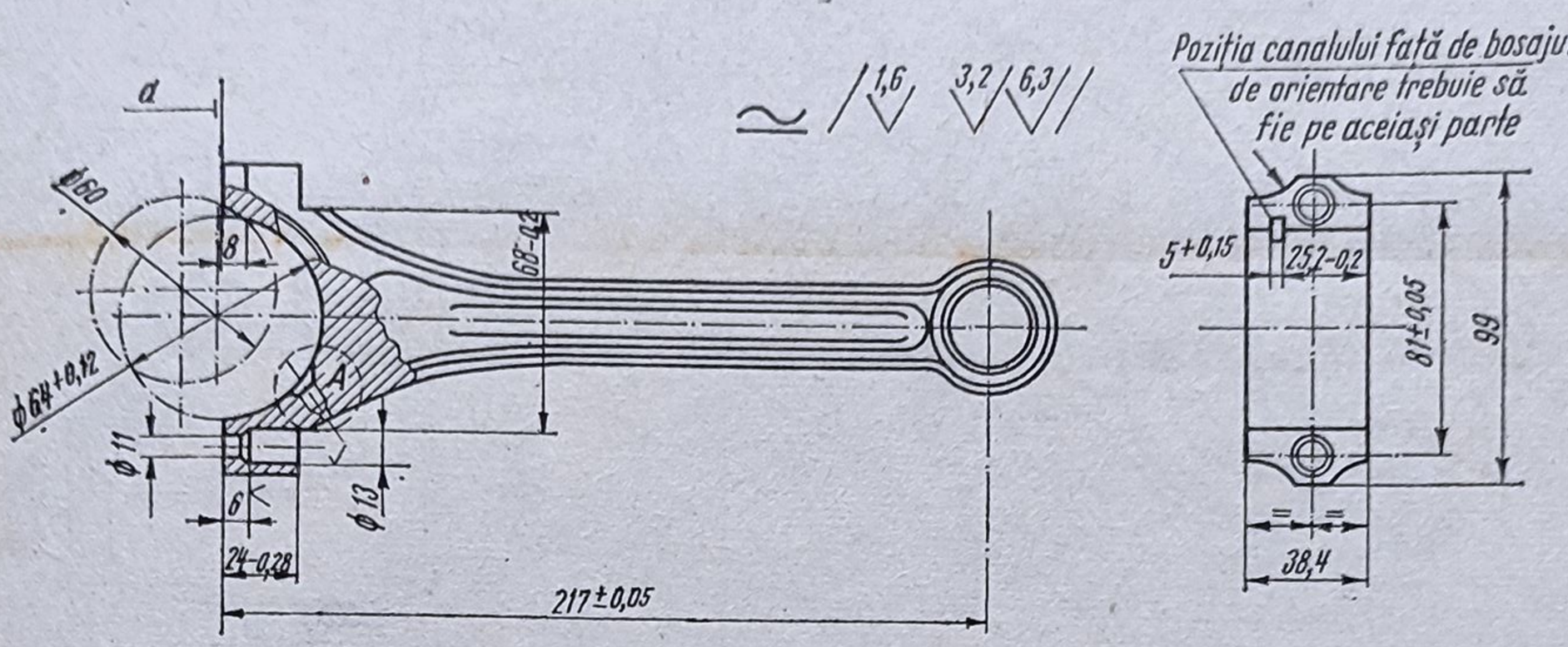


Fig. 5.16

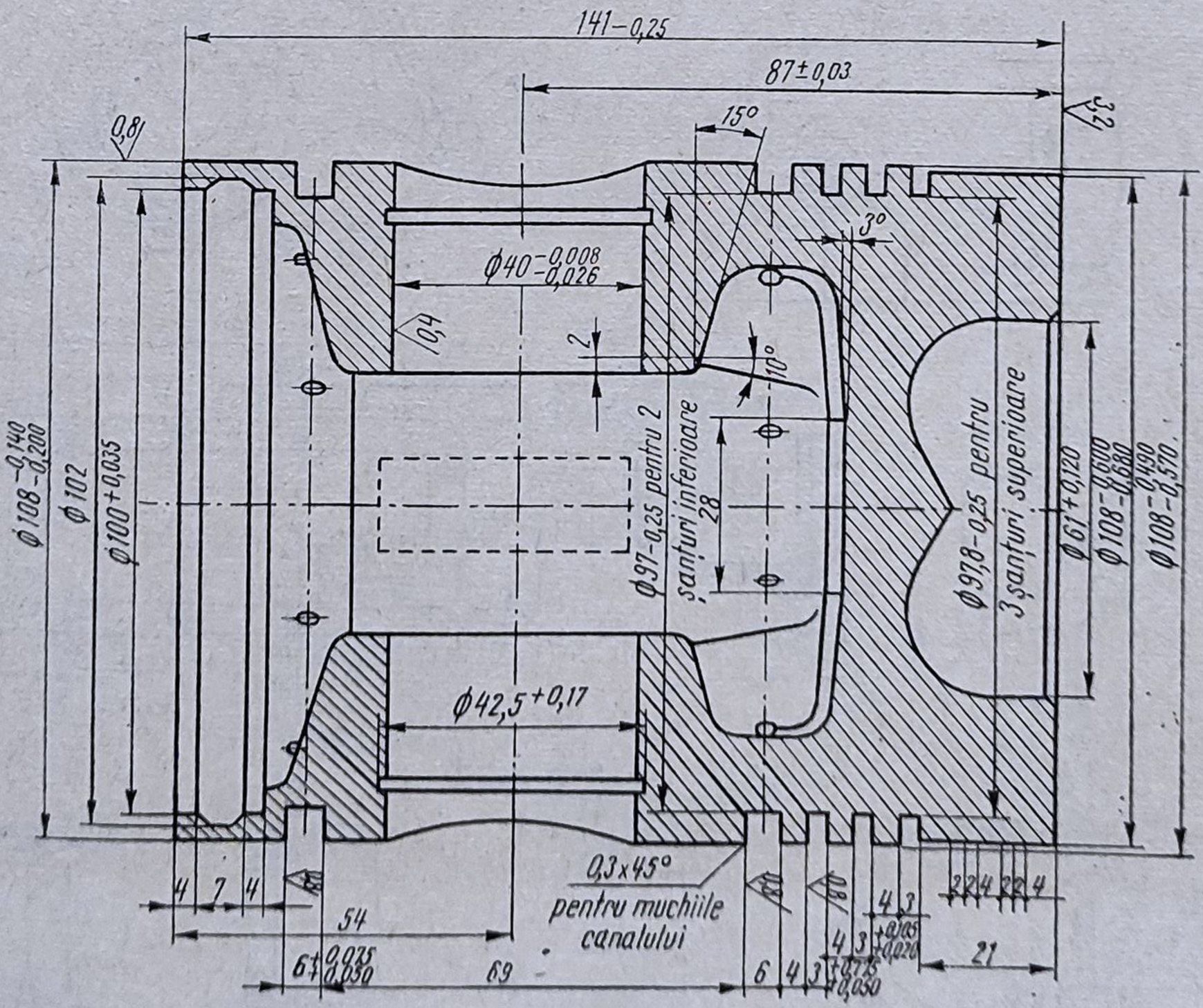


Fig. 5.17

* Vezi planșa 5.15.

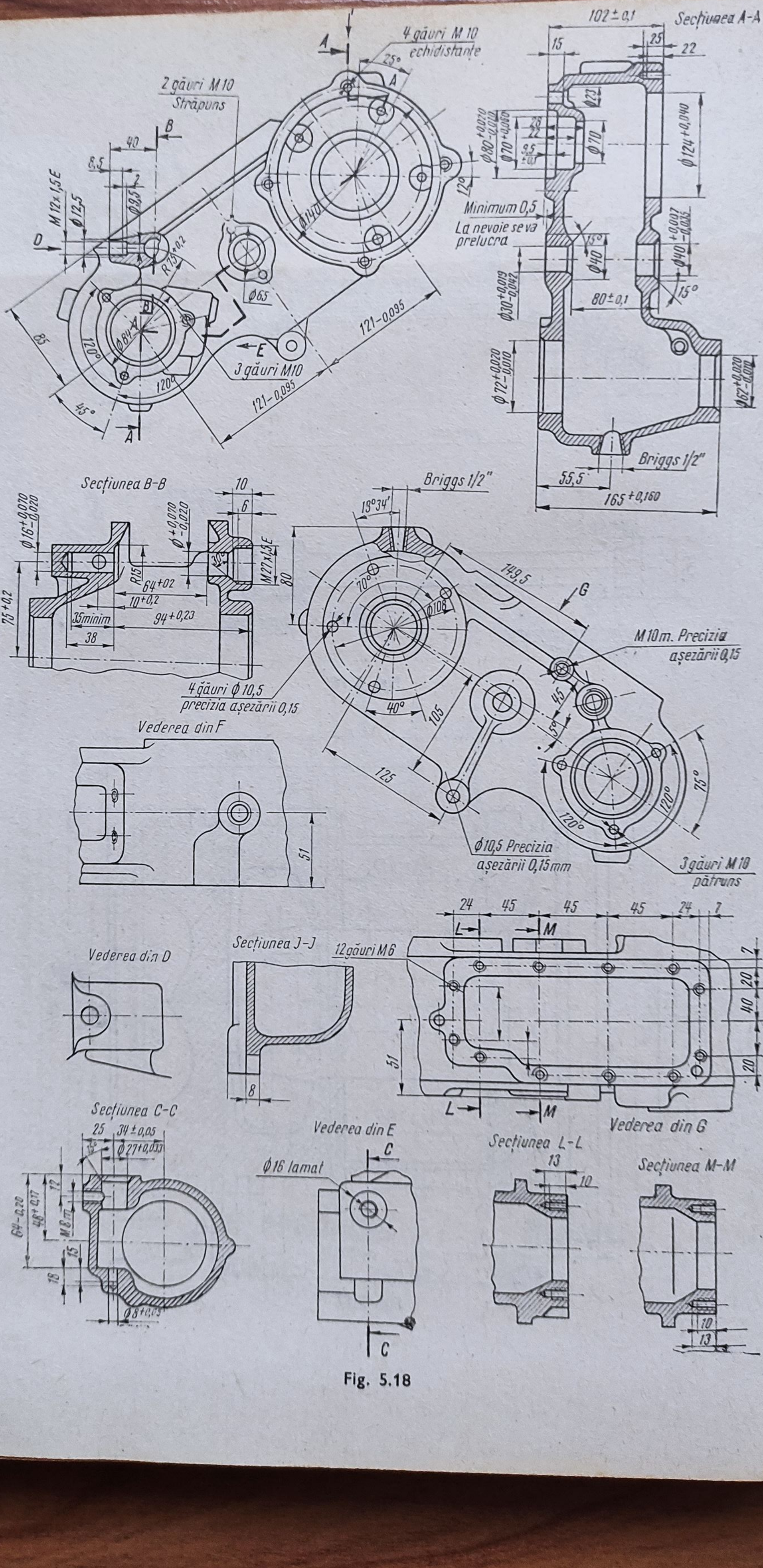

4 găuri M 10 echidistante
2 găuri M10 Străpuns
M12x1,5E
Ø12,5
Ø9,5
40
8,5
2
R73±0,2
Ø84
120°
85
45°
Ø140
Ø65
3 găuri M10
121-0,095
121-0,095
102±0,1
Secțiunea A-A
15
25
22
Ø23
Ø80+0,070 -0,010
Ø70+0,060
28
22
9,5 ±0,1
Ø70
Ø124+0,040
12°
Minimum 0,5
La nevoie se va prelucra
15°
Ø40
Ø40+0,007 -0,025
Ø30+0,019 -0,042
80±0,1
15°
Ø72+0,020 -0,010
Ø67+0,020 -0,010
Briggs 1/2"
55,5
165±0,160
Secțiunea B-B
10
6
Ø16+0,070 -0,020
Ø+0,070 -0,020
M27x1,5E
R15
64+0,2
10+0,2
94+0,23
35minim
38
75+0,2
80
Briggs 1/2"
13°34'
149,5
G
70°
Ø108
40°
105
125
M10m. Precizia așezării 0,15
45
5°
75°
120°
120°
4 găuri Ø 10,5 precizia așezării 0,15
Ø10,5 Precizia așezării 0,15mm
3 găuri M10 pătruns
Vederea din F
51
24
45
45
45
24
7
L
M
12 găuri M6
2
20
40
20
51
L
M
Vederea din D
Secțiunea J-J
8
Vederea din E
Ø16 lamat
C
C
Secțiunea L-L
13
10
Secțiunea M-M
10
13
Secțiunea C-C
25
34±0,05
Ø27+0,033
12
64-0,20
46+0,17
M8
15
18
Ø8+0,09

Fig. 5.18

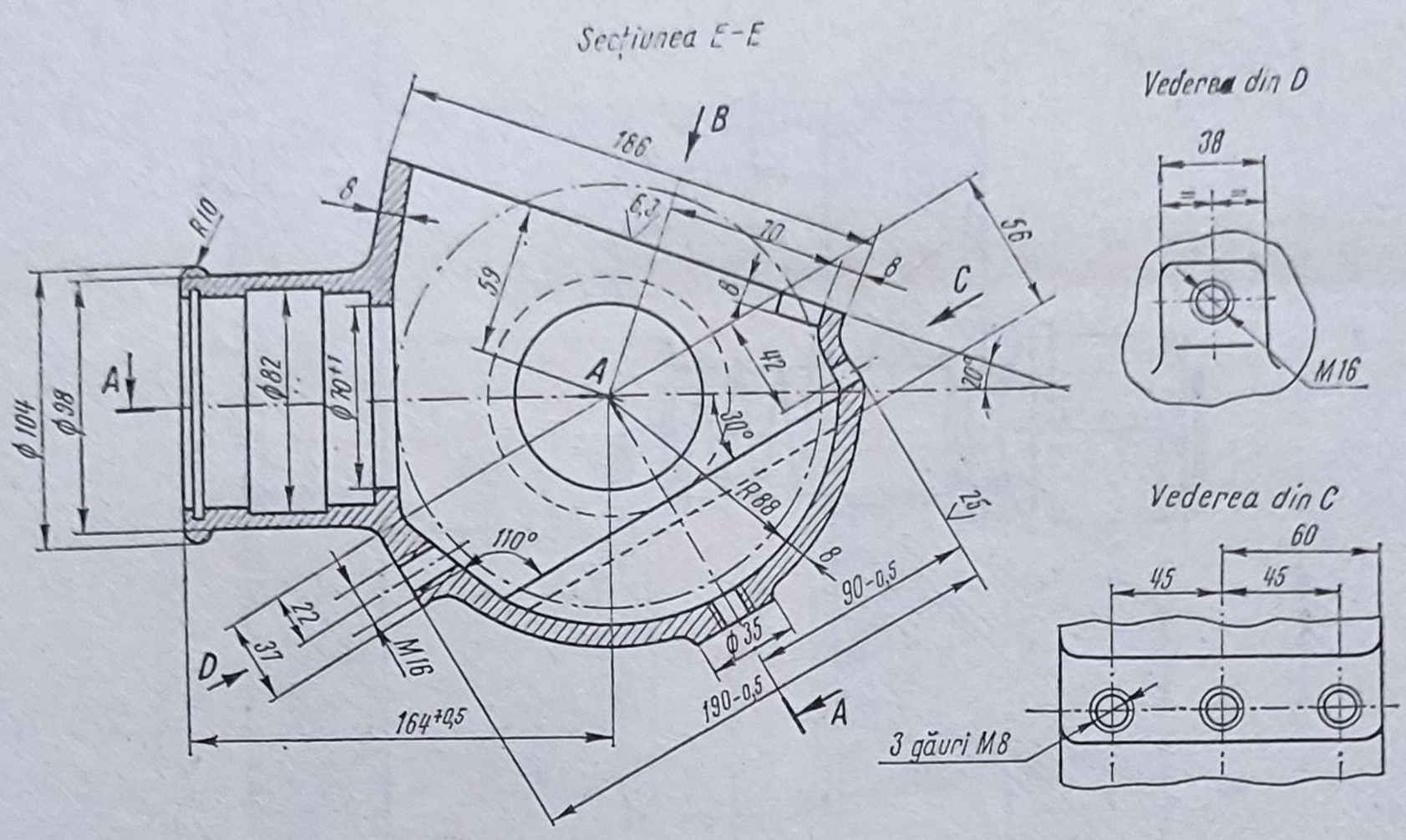

Secțiunea E-E
Vederea din D
Vederea din C
3 găuri M8
Vederea din B
2 găuri M8
Secțiunea A-A

Fig. 5.19

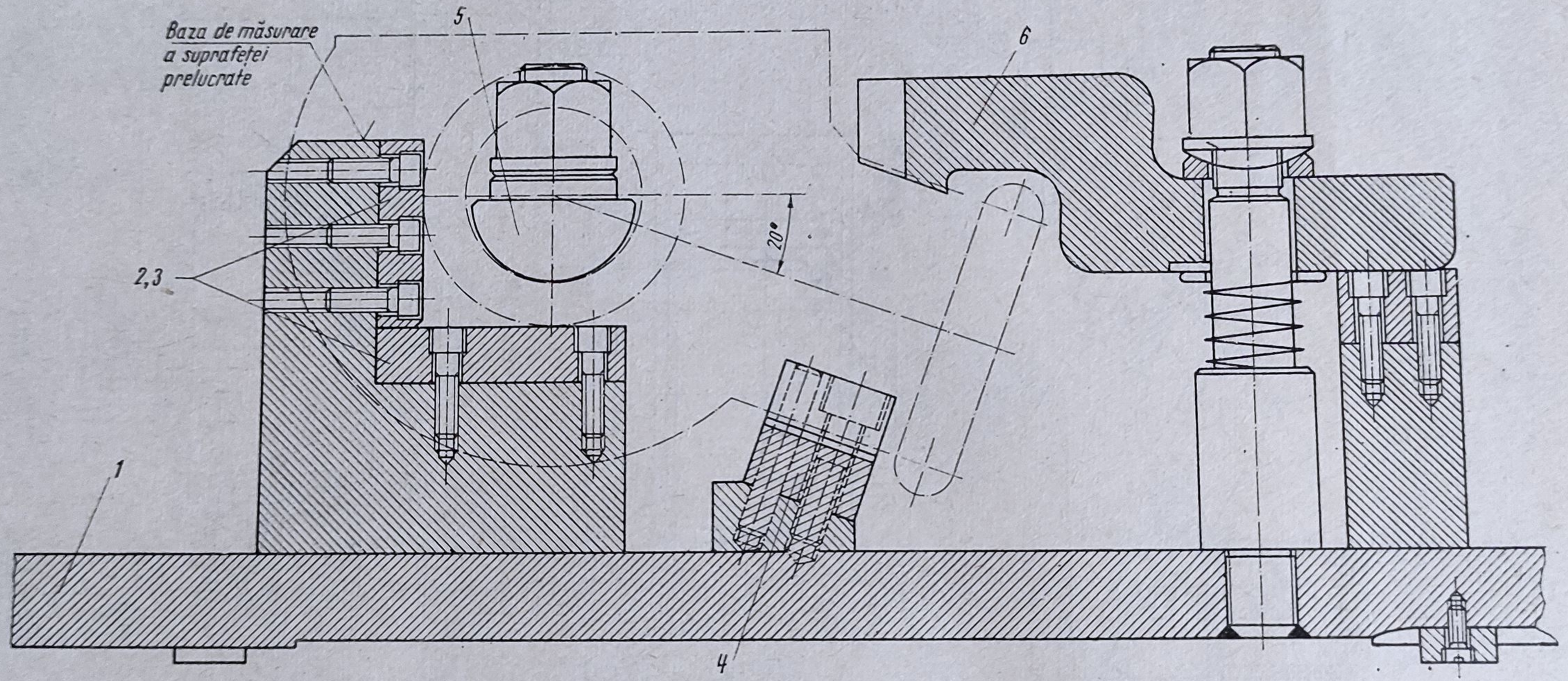


Fig. 5.20

Fig. 5.21

12. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice pentru prelucrarea mecanică a pistonului din figura 5.17, în ipoteza unei producții de serie, folosindu-se semifabricat turnat din aliaj pe bază de aluminiu.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a pistonului este prezentat în tabelul 5.13.

13. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice pentru prelucrarea mecanică a carterului cutiei de distribuție din figura 5.18, în ipoteza unei producții de serie, folosindu-se semifabricat turnat din aliaj pe bază de aluminiu.

Răspuns. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a carterului cutiei de distribuție este prezentat în tabelul 5.14.

14. Să se stabilească succesiunea operațiilor tehnologice de prelucrare mecanică a carcasei din figura 5.19, în ipoteza unei producții de serie, folosindu-se semifabricat turnat din fontă.

Rezolvare. Traseul tehnologic de prelucrare mecanică a carcasei este prezentat în tabelul 5.15.

Realizarea operației tehnologice 1 se face pe o mașină de frezat orizontal, semifabricatul fiind instalat într-un dispozitiv prezentat în figura 5.20. Dispozitivul se compune din placa de bază *1* pe care se montează suportul *7*, cu plăcile de reazem *2* și *3*, precum și prisma *4*. Semifabricatul se fixează cu ajutorul bridelor *5* și *6*, care asigură prinderea corectă a semifabricatului.

Pentru realizarea operațiilor tehnologice *2* și *3* pe mașina de alezat și frezat orizontal, semifabricatul se instalează pe masa mașinii cu ajutorul dispozitivului prezentat în figura 5.21. Dispozitivul se compune din corpul sudat *1*, bucșa rotitoare *2*, știfturile de centrare *3* și cepul de rotire *4*. Prelucrarea mecanică a alezajelor se face succesiv prin rotirea corpului sudat în trei poziții indexate, în jurul cepului *4*. După divizare, placa rotitoare se blochează cu ajutorul unei bride, realizîndu-se astfel imobilizarea semifabricatului în poziția de lucru.

În mod corespunzător, se pot realiza echipamente tehnologice pentru instalarea semifabricatului la toate operațiile tehnologice.

CAPITOLUL 6

NORMAREA TEHNICĂ ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

6.1. Introducere

Activitatea întreprinderilor productive este caracterizată printr-un consum de muncă determinat de condițiile în care se execută producția. Consumul de muncă pentru o activitate depusă este materializat prin norme de timp sau norme de producție, cu ajutorul cărora se apreciază economicitatea unui proces de prelucrare.

Norma de timp cu motivare tehnică este formată din următorii timpi elementari (fig. 6.1).

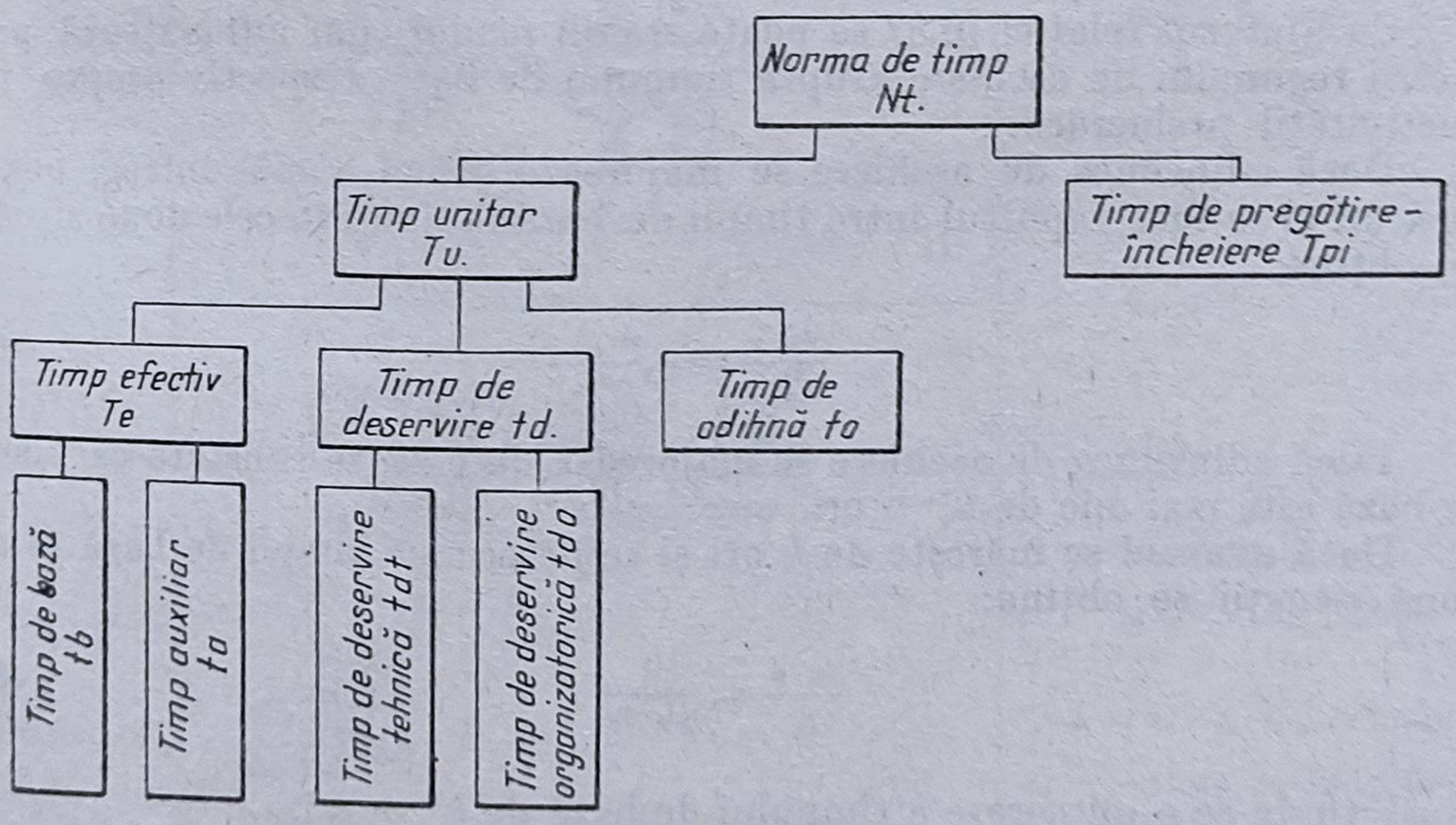


Fig. 6.1

Norma tehnică de timp pentru prelucrarea unei piese, ținînd seama de structura prezentată în figura 6.1 se determină cu relația:

$$N_t = \frac{T_{pt}}{n} + t_b + t_a + t_{dt} + t_{do} + t_o, \qquad (6.1)$$

în care: n reprezintă lotul optim de piese.

Timpul de bază se poate calcula în funcție de parametrii regimului de așchiere (Anexa 6.1), iar ceilalți timpi sînt stabiliți prin normative tehnice de timpi auxiliari pentru fiecare tip de prelucrare în parte.

6.2. Evaluarea productivității metodelor de prelucrare mecanică

Timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{l}{s \cdot n} i, \tag{6.2}$$

în care: l este lungimea suprafeței care se prelucrează, în mm; s — avansul de lucru, în mm/rot sau mm/c.d, iar i — numărul de treceri pe suprafața prelucrată și se determină cu relația: $i = A_c/t$ în care A_c reprezintă adaosul de prelucrare, în mm, iar t — adîncimea de așchiere, în mm.

Dacă în relația timpului de bază se introduce turația funcție de viteză și aceasta în funcție de avans și adîncime de așchiere, timpul de bază capătă forma:

$$t_b = \frac{\pi \cdot d \cdot l \cdot Ac}{1\,000 \cdot C_v \cdot t^{1-x_v} \cdot s^{1-y_v}}, \tag{6.3}$$

în care: d este diametrul piesei, în mm; C_v — coeficient al vitezei de așchiere; x_v și y_v — exponenți ai adîncimii, respectiv avansului de lucru.

Cu ajutorul relației (6.3) se poate stabili modul cum influențează parametrii regimului de așchiere asupra timpului de bază, respectiv asupra productivității prelucrării.

Dacă adîncimea de așchiere se majorează de un număr întreg, pozitiv de k ori și se face raportul între timpii de bază obținuți în cele două situații, se obține:

$$\frac{t_b \cdot k}{t_b} = \frac{1}{k^{1-x_v}}. \tag{6.4}$$

Dacă adîncimea de așchiere se majorează de k ori se constată că timpul de bază este mai mic de k^{1-x_v} ori.

Dacă avansul se mărește de k ori și se determină timpii de bază în cele două situații se obține:

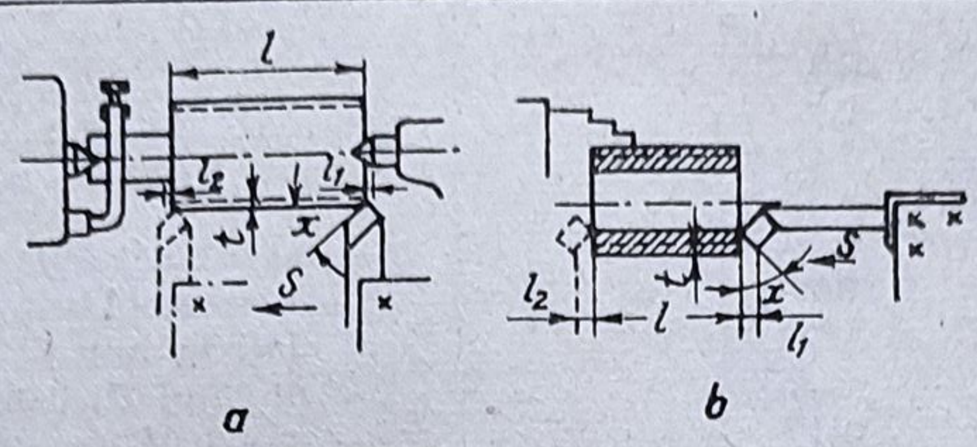
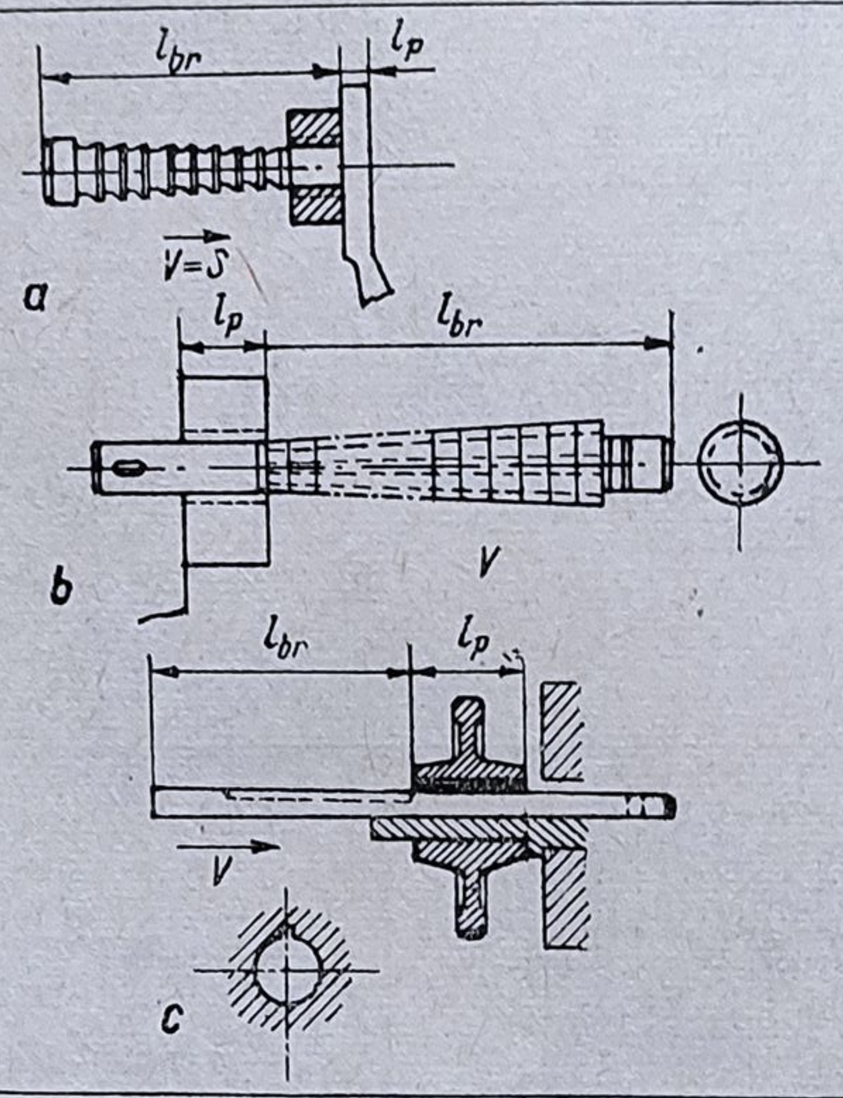
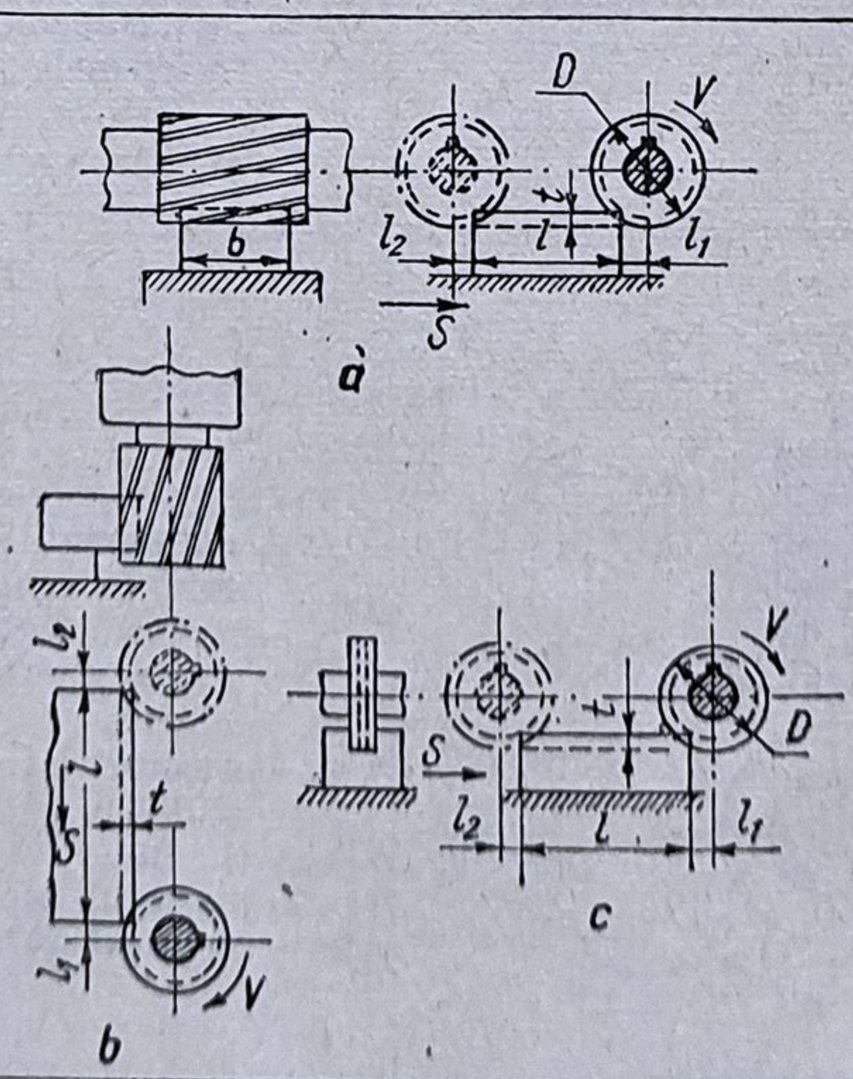
$$\frac{t_b \cdot k}{t_b} = \frac{1}{k^{1-y_v}}, \tag{6.5}$$

constatîndu-se o micșorare a timpului de bază de k^{1-y_v} ori.

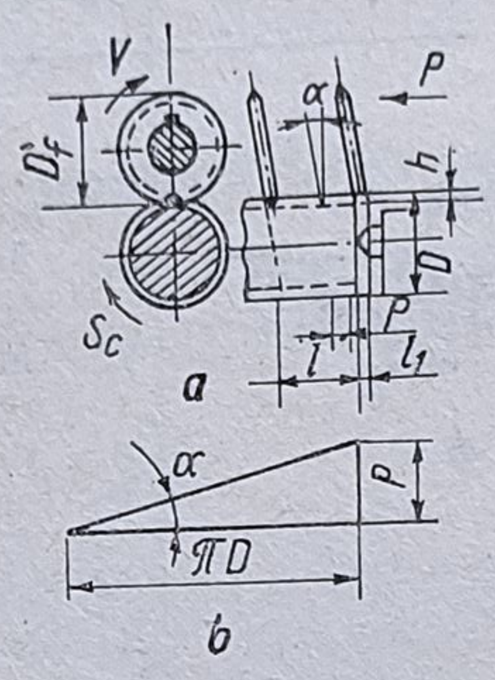
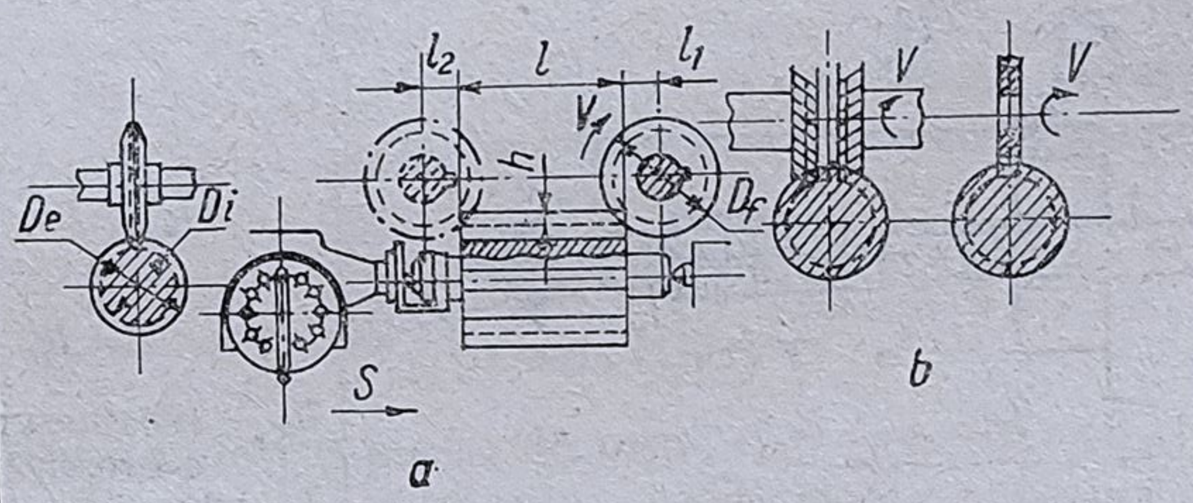
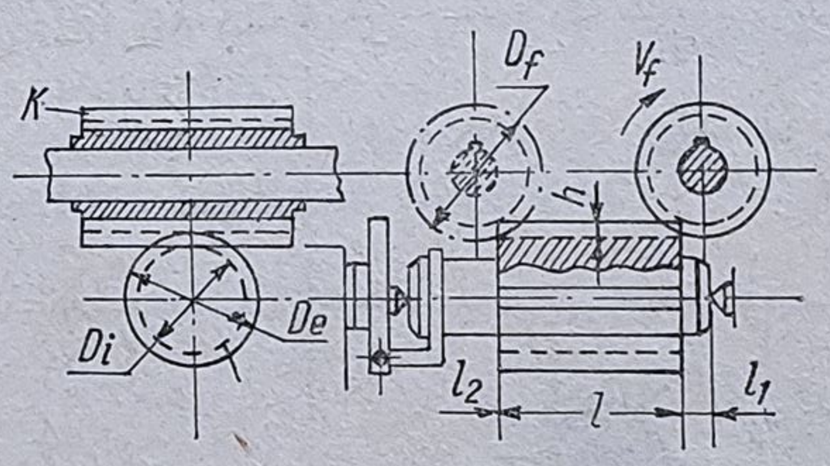
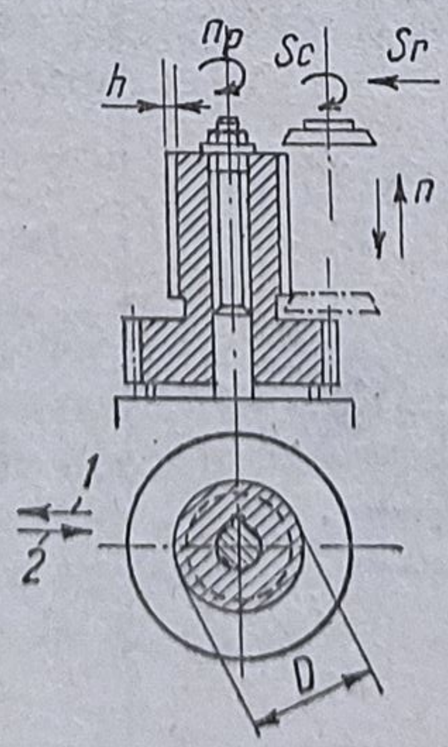
Același lucru se constată și atunci cînd se mărește viteza de așchiere. Creșterea vitezei de așchiere se poate obține fie prin micșorarea adîncimii de așchiere, fie a avansului de lucru.

Dacă viteza de așchiere se mărește de k ori prin micșorarea adîncimii de așchiere de la t la t_k, se calculează timpii de bază, se face raportul lor, se obține:

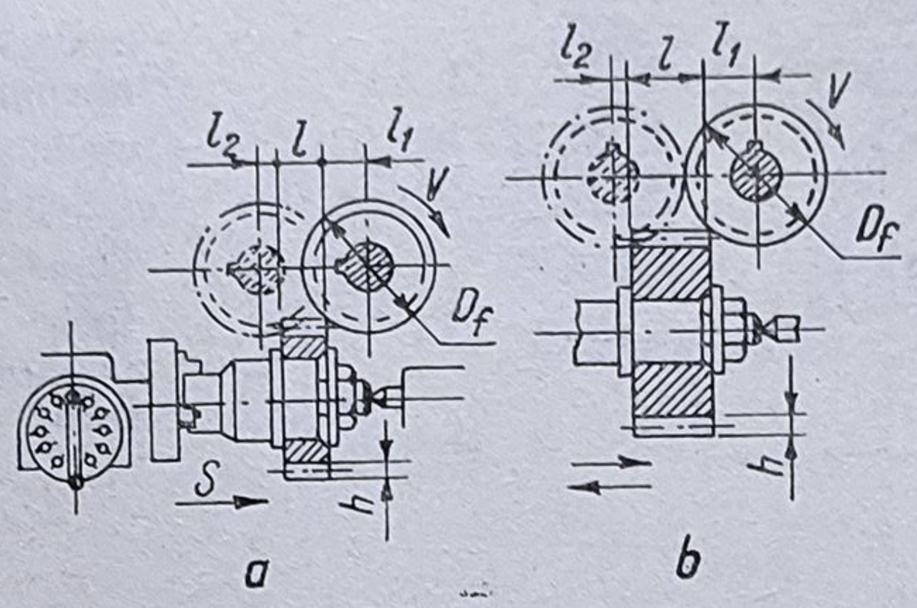
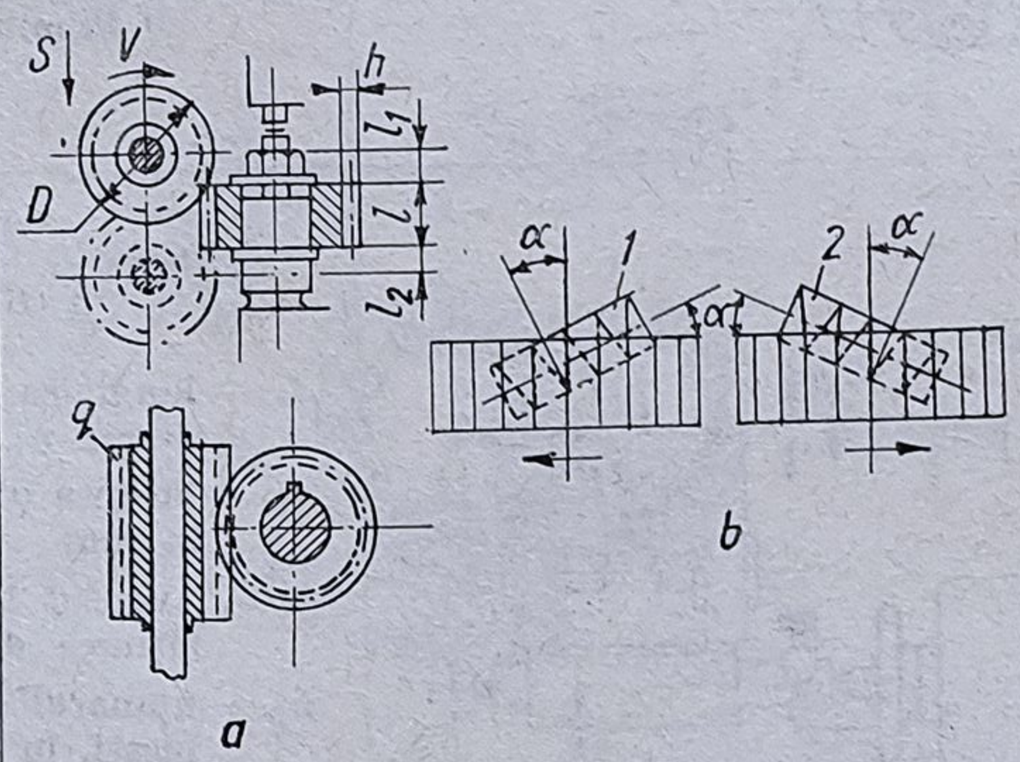
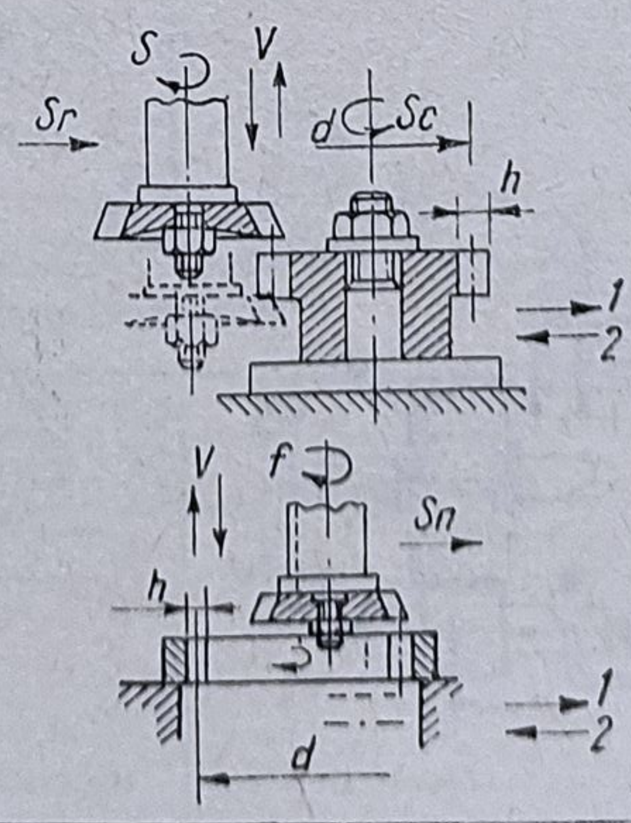
$$\frac{t_{b(k_v)}}{t_b} = \left(\frac{t}{t_k}\right)^{1-x_v}. \tag{6.6}$$

Operația	Schița	Relația
1	2	3
Strunjire		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} i$ l — lungimea piesei, în mm l_1 — lungimea de pătrundere, în mm l_2 — lungimea de ieșire, în mm s — avansul, în mm/rot n — turația, în rot/min i — numărul de treceri
Broșare		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} i$ $l = l_{br} + l_p$ l_{br} — lungimea părții de lucru a broșei, în mm l_p — lungimea de broșat a piesei, în mm
Frezare		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m} i$ $s_m = s_z \cdot z \cdot n$ (mm/min) s_z — avansul pe dinte, în mm z — numărul de dinți n — numărul de rotații a frezei, în rot/min

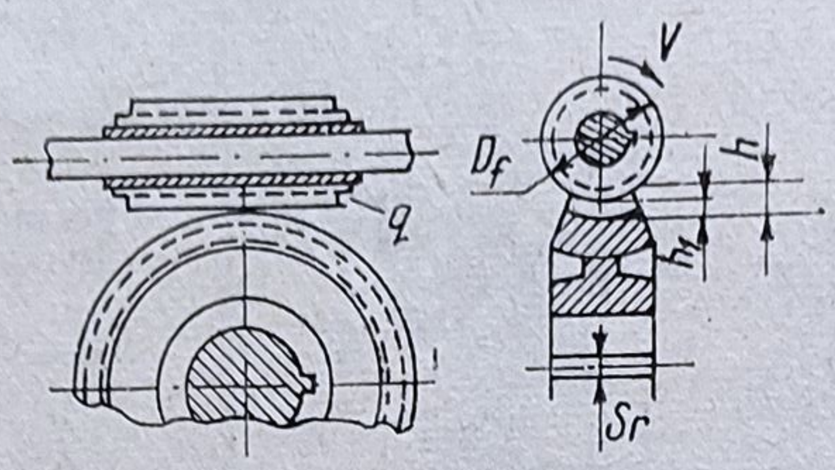
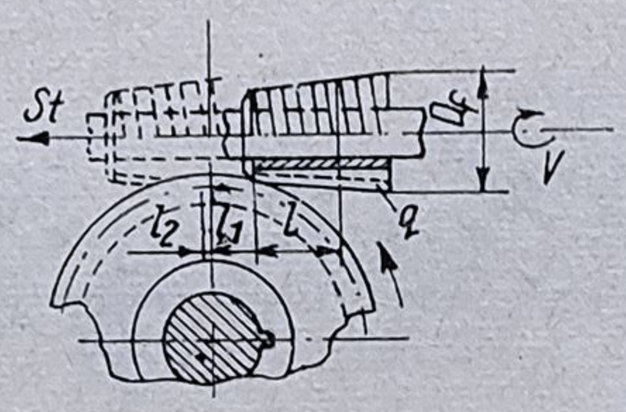
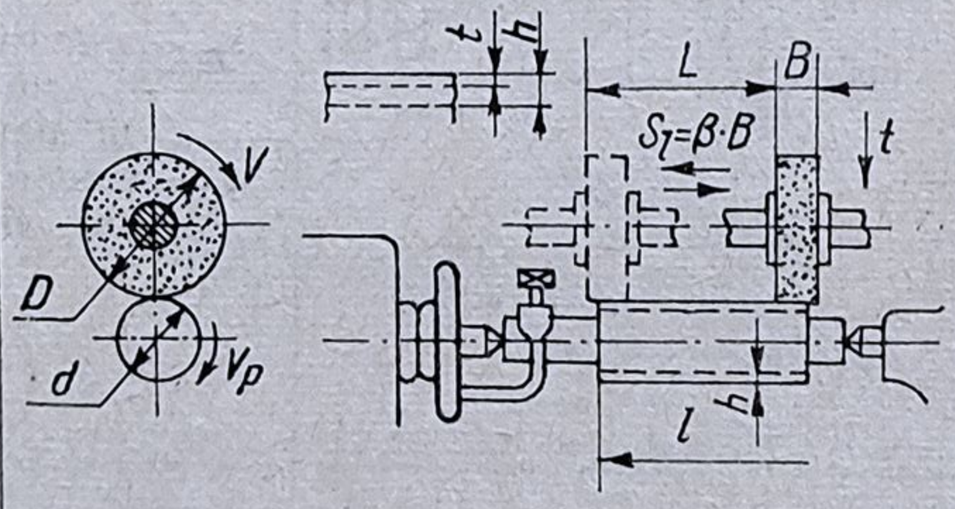
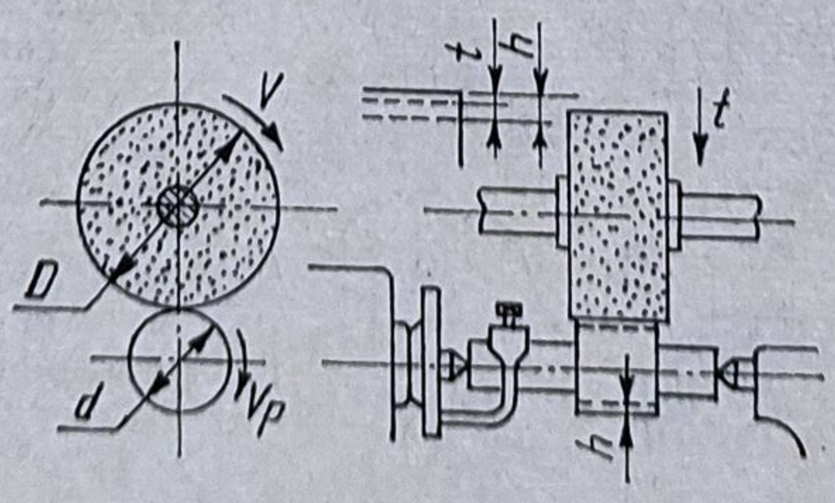
Anexa 6.1 (continuare)

1	2	3
Frezarea filetelor cu freze disc		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{p} \cdot \frac{\pi \cdot D}{s_m \cdot \cos \alpha} i \cdot g$ p — pasul filetului, în mm D — diametrul exterior al filetului, în mm α — unghiul filetului, în grd g — numărul de începuturi ale filetului
Frezarea canelurilor cu freze disc profilate		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_z \cdot z \cdot n_f} z_c$ n_f — turația frezei, în rot/min z_c — numărul de caneluri
Frezarea canelurilor cu freze melc		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_p \cdot n_f \cdot k} z_c$ s_p — avansul arborelui, în mm/rot k — numărul de începuturi ale frezei melc
Prelucrarea canelurilor prin mortezare cu roată de mortezat		$t_b = \frac{h}{s_r \cdot n} + \frac{\pi \cdot D}{s_c \cdot n} k$ h — înălțimea canelurii, în mm D — diametrul exterior al canelurii în mm s_r — avansul radial la o cursă dublă a roții de mortezat, în mm s_c — avansul circular la o cursă dublă a roții de mortezat, în mm n — numărul de curse duble k — numărul de treceri

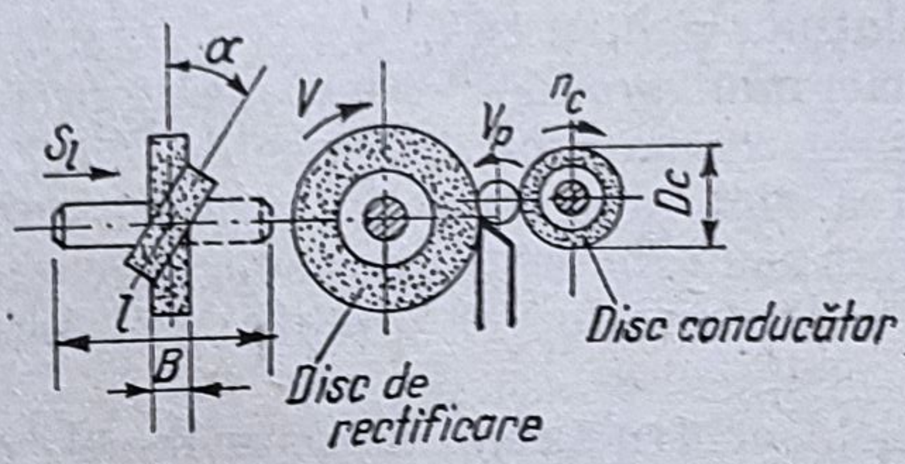
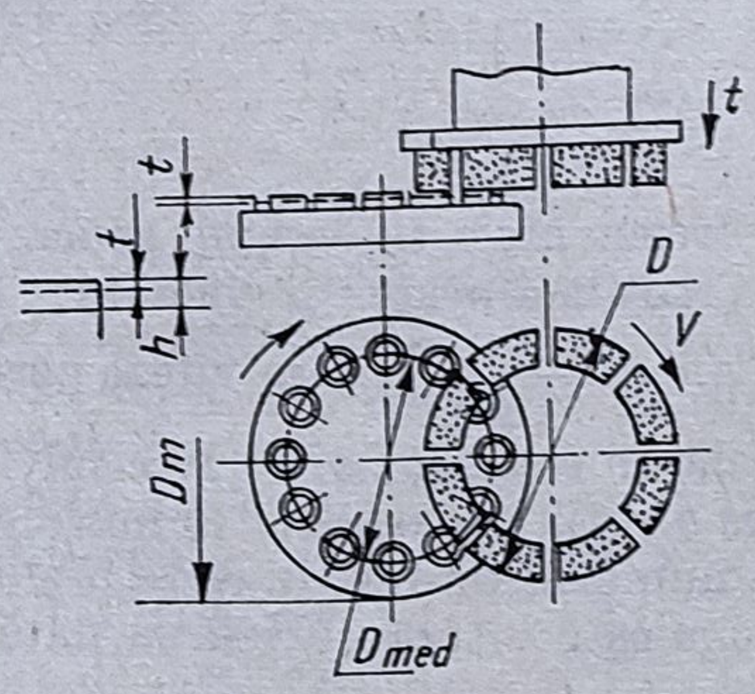
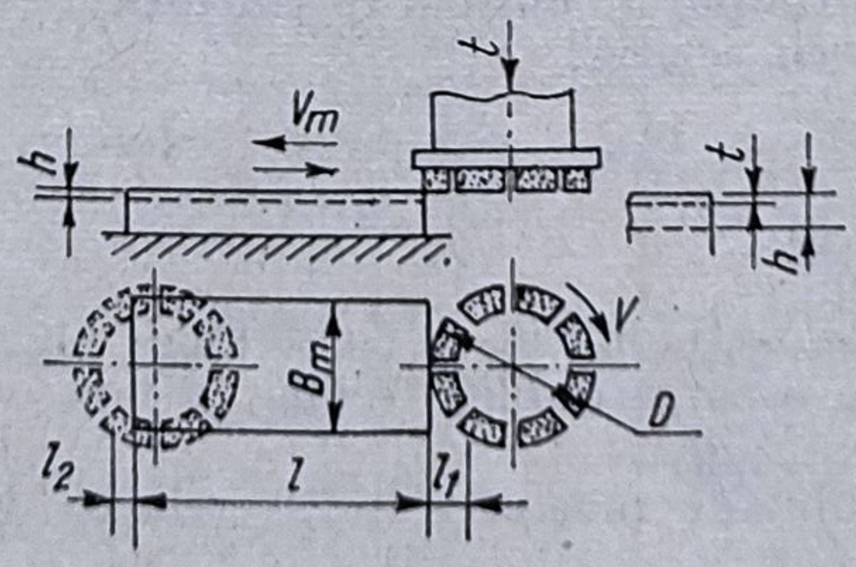
Anexa 6.1 (continuare)

1	2	3
Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu freze disc modul		– pe mașini orizontale de frezat cu cap divizor: $t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{im}} z \cdot i$ – pe mașini de frezat cu divizare automată: $t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{im}} z + \frac{l + l_1 + l_2}{s_{im}} z + \tau \cdot z$ z – numărul de dinți ai roții dințate $s_{îm}$ – avansul pe minut la cursa de întoarcere, în mm τ – timpul de rotire a semifabricatului cu un dinte, în min
Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu freze melc modul		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{s_p \cdot n_f \cdot q} z$ s_p – avansul pe rotație a semifabricatului, în mm q – numărul de începuturi ale frezei
Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice cu roată de mortezat		$t_b = \frac{h}{s_r \cdot n} + \frac{\pi \cdot m \cdot z}{s_c \cdot n} k$ s_r – avansul radial la o cursă dublă a roții de mortezat, în mm s_c – avansul circular la o cursă dublă a roții de mortezat, în mm m – modulul roții dințate, în mm k – numărul de treceri

Anexa 6.1 (continuare)

1	2	3
Prelucrarea roţilor melcate prin metoda avansului radial		$t_b = \frac{3 \cdot m \cdot z}{s_r \cdot n_f \cdot q}$ s_r — avansul radial la o rotaţie a semifabricatului, în mm m — modulul roţii, în mm z — numărul de dinţi ai roţii n_f — numărul de rotaţii ale frezei q — numărul de începuturi ale frezei
Prelucrarea roţilor melcate prin metoda avansului tangenţial		$t_b = \frac{2{,}94 \cdot m \cdot z \cdot \sqrt{z}}{s_t \cdot n_f \cdot q}$ s_t' — avansul tangenţial pentru o rotaţie a semifabricatului, în mm
Rectificarea exterioară între vîrfuri prin metoda avansului longitudinal		$t_b = \frac{L}{\beta \cdot B \cdot n_p} \cdot \frac{h}{t} k$ L — lungimea cursei longitudinale a mesei, în mm B — lăţimea discului abraziv, în mm β — avansul în fracţiuni din lăţimea discului abraziv n_p — numărul de rotaţii ale piesei, în rot/min h — adaosul pe rază, în mm t — avansul transversal la fiecare cursă, în mm k — coeficient de corecţie
Rectificarea exterioară între vîrfuri prin metoda pătrunderii		$t_b = \frac{h}{t \cdot n_p} k$

Anexa 6.1 (continuare)

1	2	3
Rectificarea exterioară fără centre prin trecere		$t_b = \frac{l \cdot m + B}{s_m \cdot m} i \cdot k$ l — lungimea de prelucrat, în mm B — numărul pieselor la rectificarea cu flux continuu B — lățimea discului abraziv, în mm $s_m = \pi \cdot D_c \cdot n_c \cdot \sin \alpha$, în mm/min D_c — diametrul discului conductor, în mm n_c — turația discului conducător α — unghiul de înclinare a discului abraziv conducător, în grd
Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv pe mașini cu masa rotativă		$t_b = \frac{h}{t \cdot n_m} k$ n_m — numărul de rotații ale mesei k — coeficient de corecție
Rectificarea plană cu partea frontală a discului abraziv pe mașini cu masa dreptunghiulară $(D > B_m)$		$t_b = \frac{l + l_1 + l_2}{1\,000 \cdot v_m} \cdot \frac{1}{m} k$ v_m — viteza mesei, în m/min m — numărul de piese prelucrate simultan k — coeficient de corecție

Dacă viteza de aşchiere se măreşte de k ori prin micşorarea avansului de la s la s_k, se calculează timpii de bază în cele două situaţii şi se face raportul lor, se obţine:

$$\frac{t_{b(k_v)}}{t_b} = \left(\frac{s}{s_k}\right)^{1-y_v} \tag{6.7}$$

Din relaţiile (6.6) şi (6.7) se observă o creştere a timpului de bază cu valoarea membrului doi al relaţiilor pentru că $t_k < t$ şi $s_k < s$.

În ce priveşte alegerea celei mai productive metode de prelucrare a unei piese sau suprafeţe, se face prin compararea timpilor de bază ai metodelor analizate. Situaţii din acestea sînt frecvente în practica productivă, de exemplu: alegerea între frezarea sau rabotarea unei suprafeţe plane; alegerea între frezarea sau mortezarea danturii roţilor dinţate; sau între rabotarea şi mortezarea danturii.

Cunoscînd relaţiile de calcul pentru timpii de baza în cele două situaţii şi făcînd raportul lor se determină care metodă este mai productivă.

În cazul prelucrării danturii roţilor dinţate prin frezare cu freză melc sau prin mortezare, s-au determinat, pe baza relaţiilor de calcul a timpului de bază, grafice care uşurează adoptarea celei mai productive metode.

Timpul de bază la frezarea danturii roţilor dinţate cu freză melc se calculează cu relaţia:

$$T_f = \frac{l_f \cdot z_r \cdot \pi \cdot d_f}{1\,000 \cdot v_f \cdot s_f \cdot i \cdot A}, \tag{6.8}$$

în care:

l_f este lungimea drumului frezei melc în lungul generatoarei dintelui, în mm; z_r — numărul dinţilor roţii dinţate prelucrate; d_f — diametrul exterior al frezei melc, în mm; $v_f = \frac{\pi \cdot d_f \cdot n_f}{1\,000}$ este viteza periferică a frezei, în m/min; n_f — turaţia frezei melc, în rot/min; s_f — avansul frezei în lungul generatoarei dintelui la o rotaţie a roţii prelucrate, în mm; i — numărul de începuturi ale frezei melc; A — numărul de roţi dinţate prelucrate simultan.

Dacă în relaţia (6.8) se înlocuieşte viteza cu relaţia dată, se obţine:

$$T_f = \frac{l_f \cdot z_r}{n_f \cdot s_f \cdot i \cdot A}. \tag{6.9}$$

La prelucrarea roţilor dinţate la maşinile de mortezat cu avansul radial al cuţitului acţionat de came, timpul de maşină se calculează — în cazul camelor cu o singură trecere — cu relaţia:

$$T_m = \frac{l_m\, 5/14 \cdot \pi \cdot D_{div}}{n_m \cdot s_m B} = \frac{4{,}26 \cdot m \cdot z_r}{n_m \cdot s_m \cdot B}, \tag{6.10}$$

în care:

m este modulul, în mm; n_m — numărul de curse duble ale sculei pe minut; s_m — avansul periferic la o cursă dublă a sculei, în mm; B — numărul de roţi dinţate prelucrate simultan.

Împărţind valorile timpului de maşină date de relaţiile (6.9) şi (6.10) se obţine:

$$\frac{T_f}{T_m} = \frac{B}{i \cdot A} \cdot \frac{n_m \cdot s_m}{n_f \cdot s_f} \cdot \frac{l}{4{,}26 \cdot m}. \tag{6.11}$$

Dacă în această relație se consideră $l_f = l_1 + y_f$ în care l_1 este lungimea dintelui roții pe generatoarea cilindrului, y_f — lungimea drumului de pătrundere a frezei melc și se notează $B/i \cdot A = C$ și $n_m \cdot s_m / n_f \cdot s_f = H$, se obține expresia:

$$\frac{T_f}{T_m} = C \cdot \frac{H}{4{,}26}\left(\frac{l_1}{m} + \frac{y_f}{m}\right).$$

Pentru simplificarea acestei expresii, prin eliminarea modulului, se consideră $l_1/m = K_1$ și $y_f/m = K_2$. (K_1 se numește coeficient de lungime a dintelui, iar K_2 — coeficient de pătrundere a frezei). Cu aceste notații relația devine:

$$\frac{T_f}{T_m} = C \cdot \frac{H}{4{,}26}(K_1 + K_2). \qquad (6.12)$$

Termenul C din ecuație nu se schimbă cînd variază regimurile de așchiere, dimensiunile roții dințate și mărimea pătrunderii frezei, astfel încît se poate considera constant. Mărimile H, $(K_1 + K_2)$ sînt variabile și depind de regimurile de așchiere, dimensiunile roților dințate și modulele lor, precum și de diametrele exterioare ale frezelor melc și de adîncimea de pătrundere a frezei în direcție radială către roata de prelucrat.

Pentru construcția graficului care reprezintă relația (6.12) aceasta se poate simplifica egalînd pe C cu unitatea. Cînd $C \neq 1$ se introduce un coeficient de corecție pentru raportul timpilor și se obține:

$$\frac{T_f}{T_m} = \frac{H}{4{,}26}(K_1 + K_2). \qquad (6.13)$$

În figura 6.2 este reprezentat graficul ecuației liniare (6.13).

În grafic pe axa ordonatelor sînt notate valorile raportului T_f/T_m, iar în abscisă valorile $K_1 + K_2$, care sînt în funcție de lungimea dintelui l_1 și de pătrunderea radială a frezei y_f.

Razele care pornesc din originea coordonatelor corespund diferitelor valori ale lui H, adică diferitelor regimuri de așchiere.

Linia paralelă cu axa absciselor pe care $T_f/T_m = 1$ este linia de egală productivitate. În acest caz timpul de mașină la frezarea roților dințate este egal cu timpul de mașină la mortezarea lor. Această linie împarte cîmpul graficului în două zone: zona de deasupra pentru care timpul de frezare este mai mare decît timpul de mortezare arată că prelucrarea prin mortezare este mai avantajoasă; zona de dedesubt pentru care timpul de mortezare este mai mare decît timpul de frezare arată că prelucrarea este mai avantajoasă prin frezare.

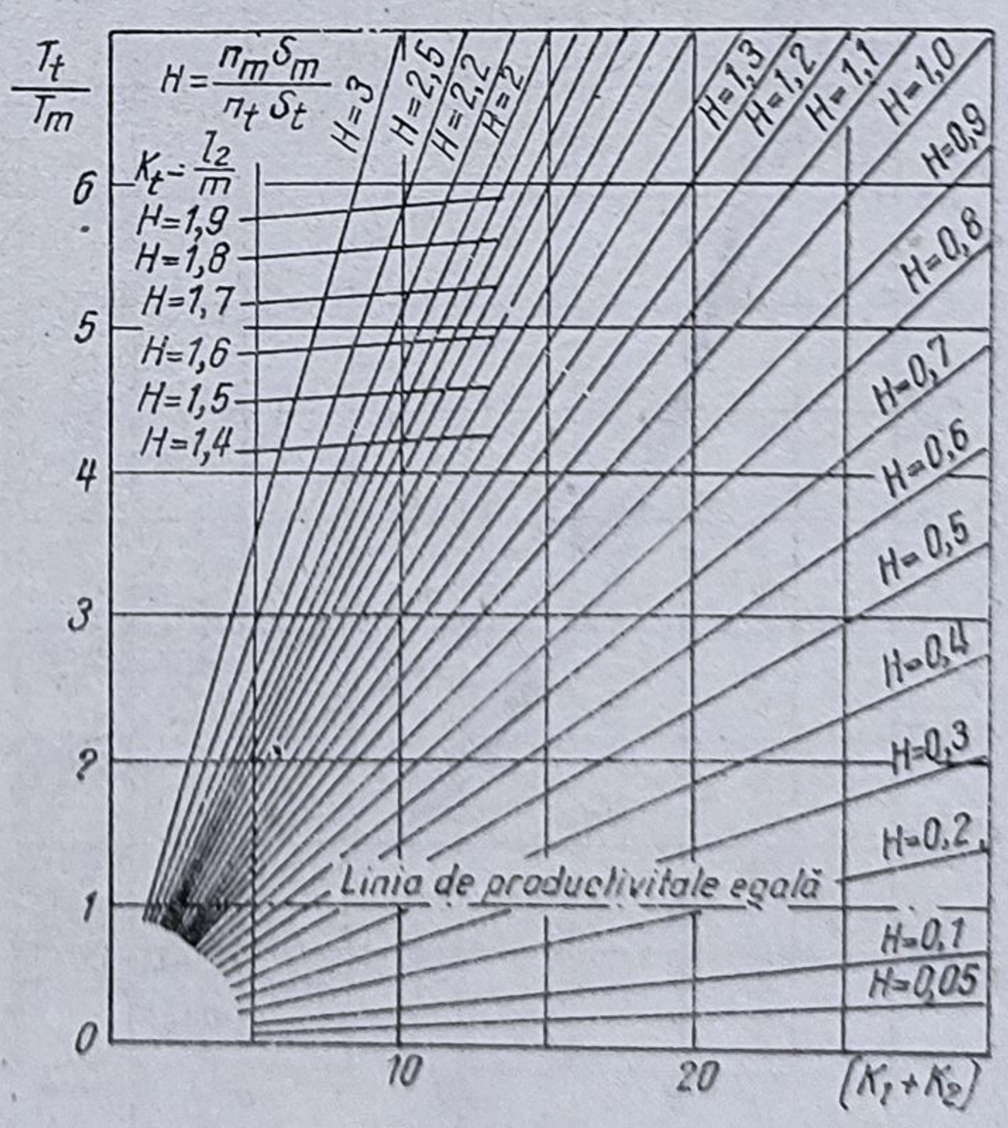


Fig. 6.2

Pentru a ușura folosirea graficului, în tabelul 6.1 sînt indicate valorile calculate ale coeficienților de pătrundere radială K_2 pentru modulele de la 1 la 8 mm. În tabel sînt indicate valorile coeficientului K_2 pentru degroșarea și finisarea roților în două treceri, precum și pentru finisarea într-o singură trecere.

În cazul prelucrării dinților cu freze speciale de alte dimensiuni, cu diametrul exterior nestandardizat, sau al roților cu modul sub 1 mm, coeficientul K_2 se calculează folosindu-se formula cunoscută pentru pătrunderea frezei cilindrice, cu adăugarea lungimii cursei libere a frezei la intrarea și ieșirea în roată:

$$K_2 = \frac{\sqrt{d_f \cdot h - h^2}}{m} + K_3,$$

în care: h este adîncimea de pătrundere radială a frezei, în mm; K_3 — coeficientul care reprezintă mărimea suplimentară a pătrunderii de la cursa liberă a frezei, considerată pentru modulele de la 1 la 8 mm conform indicațiilor din tabelul 6.1, iar pentru module de la 0,4 la 0,8 mm, se ia $K_3 = 3$.

Cu ajutorul graficului din figura 6.2 se poate obține productivitatea relativă T_f/T_m în felul următor: Se calculează coeficientul K_1 prin împărțirea lungimii dintelui l_1 la modulul m. Apoi cu ajutorul tabelei 6.1 se găsește coeficientul K_2 pentru modulul respectiv. Se ia pe graficul din figura 6.2 punctul corespunzător sumei $K_1 + K_2$, și se urcă pînă la intersecția cu raza $H = n_m \cdot s_m/n_f \cdot s_f$. De la acest punct prin deplasare la stînga se găsește mărimea T_f/T_m.

Graficul din figura 6.2 este construit în ipoteza mortezării roților dințate cu ajutorul unei came cu o singură trecere, cu avansul de pătrundere radial.

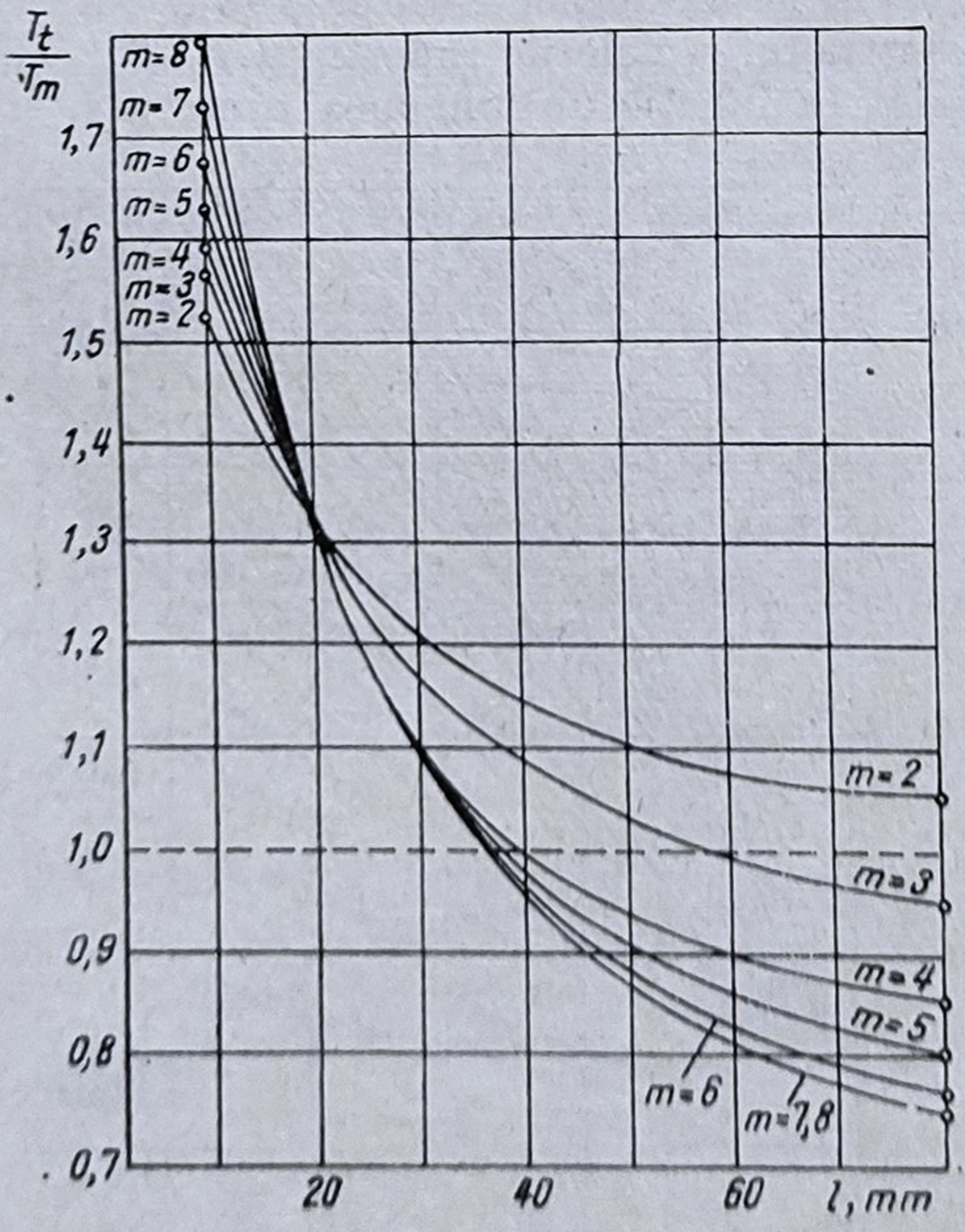


Fig. 6.3

Cu acest grafic se pot calcula și valorile T_f/T_m la mortezarea roților dințate cu o camă cu două treceri, avînd în vedere că și frezarea se face în două treceri. În cazul mortezării cu o camă cu două treceri, valoarea portului T_f/T_m calculată cu ajutorul graficului este mai mare decît valoarea sa reală cu 1,8%.

Faptul că în graficul din figura 6.2 nu sînt pronunțați parametrii geometrici sau tehnologici ai roților dințate, nu se pot trage concluzii de generalizare. Pentru a se putea face totuși generalizări a rezultatelor obținute s-a trasat graficul din figura 6.3 care se bazează pe ecuația (6.11) cu anumite simplificări. S-a considerat că vitezele de frezare și mortezare a roților dințate sînt aceleași ($v_f = v_m$), că

Tabelul 6.1

Valorile coeficienților K_1 și K_2

Denumirea parametrilor			Simbol	Modulul (mm)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
Adîncimea de așchiere	radială	— totală, egală cu 2,2 mm	h	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6
		— la degroșare	h_2	1,2	3,2	5,2	7,2	9,2	11,2	13,2	15,2
		— la finisare	h_1	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
	axială	— la degroșare	y_2	9,2	14,1	19,8	24,5	29,3	33,6	37,9	42,3
		— la finisare	y_1	8,5	9,2	11,2	12,8	13,9	16,0	17,6	19,2
Diametrul exterior al frezei melc			d_f	50	55	70	80	90	105	115	125
Coeficientul de pătrundere a frezei	la degroșare (prima trecere)		K_2	9,2	7	6,6	6,1	5,8	5,6	5,4	5,3
	la finisare (a doua trecere)			8,5	4,6	3,7	3,2	2,7	2,6	2,5	2,4
	la finisare într-o trecere			13,2	10,1	9	8,3	7,9	7,7	7,6	7,5
Coeficientul de pătrundere suplimentar			K_1	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,1	1	1

raportul dintre avansuri $s_m/s_f = 1/10$, iar $A = B = i = 1$. În baza acestor simplificări ecuația (6.11) capătă forma:

$$\frac{T_f}{T_m} = \frac{l_f \cdot d_f}{27{,}14 \cdot m \cdot l_m}. \tag{6.14}$$

Graficul din figura 6.3 este pentru degroșare și trasat pe baza relației (6.14). Cuprinde roțile dințate cu lungimea dintelui pînă la 80 mm și cu modulul de 2 ... 8 mm. Nu permite aprecierea productivității la prelucrarea roților dințate cu modul mai mic de 2 mm. Datele pentru construcția graficului din figura 6.3 sînt date tot în tabelul 6.1. Adîncimea de pătrundere radială a sculei de mortezat a fost luată $y_m = 6$ mm pentru $l_1 = 10 \ldots 30$ mm; $y_m = 8$ mm pentru $l_1 = 40 \ldots 60$ mm și $y_m = 10$ mm pentru $l_1 = 70 \ldots 80$ mm. Din graficul prezentat în figura 6.3 rezultă, în special, că la prelucrarea roților dințate cu $m = 3$ mm și $l_1 = 20$ mm, raportul $T_f/T_m = 1{,}31$, adică mortezarea este mai avantajoasă decît frezarea.

* * *

1. Să se calculeze modul cel mai productiv de degroșare a dinților unei roți dințate cilindrice cu dantura dreaptă, cu modulul $m = 4$ mm și cu lungimea dintelui pe generatoare $l_1 = 15$ mm. Se consideră următoarele regimuri de așchiere: numărul de curse duble ale sculei de mortezat $n_m = 250$; avansul sculei de mortezat la o cursă dublă, $s_m = 0{,}31$ mm; turația frezei $n_f = 100$ rot/min și avansul frezei $s_f = 2{,}5$ mm/rotație a roții prelucrate.

Rezolvare. Cu ajutorul datelor se calculează mărimea:

$$H = \frac{n_m \cdot s_m}{n_f \cdot s_f} = \frac{250 \cdot 0{,}31}{100 \cdot 2{,}5} = 0{,}31.$$

Cunoscînd lungimea dintelui l_1 se calculează coeficientul

$$K_1 = \frac{l_1}{m} = \frac{15}{4} = 3{,}75.$$

Din tabelul 6.1 se ia coeficientul pentru degroșare $K_2 = 6{,}1$. Suma: $K_1 + K_2 = 3{,}75 + 6{,}1 = 9{,}85$.

Prelucrarea se face cu o freză cu un singur început, $i = 1$ și se prelucrează cîte o singură roată dințată încît $A = 1$ și $B = 1$. Cu aceste date rezultă că $C = 1$ astfel încît valoarea raportului din grafic nu comportă corecții.

Din punctul corespunzător sumei $K_1 + K_2 = 9{,}85$ se ridică o perpendiculară pînă la raza $H = 0{,}3$, de unde prin deplasare spre stînga se găsește $T_f/T_m = 0{,}72$, adică $T_f = 0{,}72 \cdot T_m$.

În consecință în cazul de față frezarea este mai productivă decît mortezarea cu 28%.

2. Care este metoda cea mai productivă și cu cît, dacă în exemplul precedent se lucrează cu o freză cu două începuturi iar prelucrarea prin frezare se face la trei roți simultan, $A = 3$ și prelucrarea prin mortezare se face pentru două roți simultan, $B = 2$?

R = frezarea cu 76%

I n d i c a ț i e: Se calculează coeficientul C cu care se înmulțește raportul T_f/T_m luat din grafic.

3. Să se calculeze procedeul cel mai productiv de prelucrare a roţilor dinţate cu modulul $m = 2$ mm şi $l_1 = 26$ mm, dacă se lucrează cu următoarele regimuri de aşchiere: $n_m = 375$ c.d/min; $s_m = 0{,}31$ mm la o cursă dublă a sculei de mortezat; $n_f = 122$ rot/min şi $s_f = 3$ mm la o rotaţie a piesei. Se prelucrează cîte o singură roată cu freză cu un singur început.

Rezolvare. Din condiţiile problemei rezultă că $C = 1$;

$$H = \frac{n_m \cdot s_m}{n_f \cdot s_f} = \frac{375 \cdot 0{,}31}{122 \cdot 3} = 0{,}32; \quad K_1 = \frac{l_1}{m} = \frac{26}{2} = 13.$$

Din tabelul 6.1 se găseşte că $K_2 = 7$, apoi suma: $K_1 + K_2 = 13 + 7 = 20$.
Cu aceste date din figura 6.2 se găseşte $T_f/T_m = 1{,}5$.
În consecinţă, această roată dinţată se prelucrează mai avantajos prin mortezare, care este mai productivă decît prelucrarea prin frezare cu 66%.

4. Care este metoda mai productivă şi cu cît dacă în condiţiile exemplului 3 se prelucrează cu o freză cu două începuturi, iar la prelucrarea prin frezare se prelucrează două roţi dinţate simultan, $A = 2$?

R = frezarea cu 44%

Indicaţie: Se calculează coeficientul C cu valoarea căruia se amplifică raportul T_f/T_m

5. Să se determine procedeul cel mai productiv de prelucrare a unor roţi dinţate cilindrice cu dinţi drepţi cu $m = 0{,}6$ mm şi $l_1 = 3$ mm. La prelucrarea prin frezare cu freză melc cu un singur început se folosesc următorii parametri ai regimului de aşchiere: $v_f = 18{,}5$ m/min; $n_f = 196$ rot/min şi $s_f = 0{,}34$ mm la o rotaţie a piesei. Prelucrarea prin mortezare se face cu o sculă cu $D_{div} = 50$ mm cu următoarele regimuri de aşchiere: $v_m = 8$ m/min; $n_m = 500$ c · d/min şi $s_m = 0{,}165$ mm/cursă dublă a sculei.

Rezolvare. Cu datele problemei se calculează:

$$C = \frac{B}{i \cdot A} = 1; \quad H = \frac{n_m \cdot s_m}{n_f \cdot s_f} = \frac{500 \cdot 0{,}165}{196 \cdot 0{,}34} = 1{,}24$$

$$K_1 = \frac{l_1}{m} = \frac{3}{0{,}6} = 5 \quad K_2 = \frac{8}{0{,}6} = 13{,}33$$

$$K_1 + K_2 = 18{,}33.$$

Din figura 6.2 se găseşte $T_f/T_m = 5{,}3$.
În consecinţă prelucrarea acestei roţi dinţate este mult mai avantajoasă la prelucrarea prin mortezare. De asemenea durabilitatea sculei de mortezat este mai mare decît a frezei pentru că funcţionează la o viteză de aşchiere de 2,33 ori mai mică.

6. Se consideră prelucrarea prin strunjire în două treceri a unui lot de arbori pe lungimea de 500 mm cu diametrul de 60 mm. Arborii sînt din oţel cu $\sigma_r = 75$ daN/mm². Se prelucrează cu $t = 2$ mm şi $s = 0{,}2$ mm/rot cu un cuţit cu plăcuţă P10. Dacă timpul de bază reprezintă 25% din timpul unitar pe bucată să se determine:

— productivitatea orară a unui strung;
— numărul de strunguri pentru prelucrarea unui lot de 200 arbori, într-o zi de lucru cu trei schimburi.

Rezolvare. Timpul de bază se calculează cu relația (6.3) în care, cunoscînd numărul de treceri și adîncimea de așchiere, se determină adaosul de prelucrare: $A_c = t \cdot i = 2 \cdot 2 = 4$ mm.

Coeficientul și exponenții pentru materialul indicat au valorile: $C_v = 275$; $x_v = 0{,}18$; $y_v = 0{,}2$.

Cu aceste date: $t_b = \dfrac{\pi \cdot 60 \cdot 500 \cdot 4}{1\,000 \cdot 257 \cdot 2^{0{,}82} \cdot 0{,}2^{0{,}8}} = 3$ min.

Considerînd că timpul de bază reprezintă 25% din timpul unitar, acesta se calculează:

$$T_u = 4 \cdot t_b = 4 \cdot 3 = 12 \text{ min.}$$

Productivitatea orară a unui strung va fi:

$$N_0 = \frac{60}{T_u} = \frac{60}{12} = 5 \text{ buc/oră.}$$

Numărul necesar de strunguri va fi:

$$N_{str} = \frac{N_p}{N_0 \cdot n_s \cdot d_s} = \frac{200}{5 \cdot 3 \cdot 8} = 1{,}66 \text{ strunguri.}$$

Deci sînt necesare 2 strunguri.

7. Să se determine creșterea productivității dacă în cazul problemei 6 adîncimea de așchiere se majorează de două ori, celelalte condiții rămînînd neschimbate.

R = 76%

Indicație: Se folosește relația (6.4)

8. Să se determine creșterea productivității dacă în cazul problemei 6 avansul de lucru se majorează de trei ori, celelalte condiții rămînînd neschimbate.

R = 140%

Indicație: Se folosește relația (6.5).

9. Se prelucrează prin strunjire o piesă din oțel cu $\sigma_r = 75$ daN/mm² cu diametrul de 70 mm pe lungimea de 600 mm. Adaosul de prelucrare este de 10 mm. Prelucrarea se execută cu adîncimea de așchiere de 3 mm și avansul de lucru de 0,5 mm/rot. Să se determine de cîte ori se mărește timpul de bază dacă viteza de așchiere crește de două ori prin reducerea corespunzătoare a adîncimii de așchiere. Prelucrarea se execută cu scule din oțel rapid cu durabilitatea de 90 minute.

Rezolvare. Dacă se consideră relația vitezei de așchiere:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}},$$

creșterea de două ori a vitezei de așchiere, cînd ceilalți parametri ai regimului rămîn constanți, se face acționîndu-se asupra adîncimii de așchiere.

Dacă $t = 3$ mm și $x_v = 0{,}25$ (în funcție de datele problemei), atunci:

$$t^{x_v} = 3^{0{,}25} = 1{,}3161 \text{ mm}.$$

Pentru dublarea vitezei trebuie ca:

$$t_k^{x_v} = t_k^{0{,}25} = 0{,}65.$$

De aici se determină $t_k = 0{,}18$ mm.
Dacă se folosește relația (6.6) se obține:

$$\frac{l_{b(k\cdot v)}}{l_b} = \left(\frac{l}{l_k}\right)^{1-x_v} = \left(\frac{3}{0{,}18}\right)^{0{,}75} = 8{,}1,$$

De unde: $t_{b(k\cdot v)} = 8{,}1 \cdot t_b$.

10. În condițiile problemei 9 care este creșterea timpului de bază dacă viteza de așchiere se mărește de două ori pe seama micșorării corespunzătoare a avansului?

R = 1,44 ori

11. În condițiile problemei 9 ce creștere de productivitate se obține dacă adîncimea de așchiere crește de trei ori? Dar dacă avansul de lucru se dublează?

R_1 = 228%
R_2 = 126%

12. Să se determine lățimea suprafeței pentru care atît frezarea cilindrică cît și rabotarea dintr-o singură trecere asigură aceeași productivitate pentru prelucrarea mecanică. Prelucrarea se execută pentru suprafețe cu lungimea de 1 000 mm, avansul la frezare $s_r = 4$ mm/rot; turația frezei $n_f = 50$ rot/min; numărul de curse la rabotare $n_r = 50$ c · d/min și avansul la rabotare de 0,5 mm/c.d. Se neglijează lungimile de pătrundere și ieșire a sculelor.

Rezolvare. Compararea între cele două metode de prelucrare se face considerînd timpul lor de bază.

În cazul frezării, timpul de bază este:

$$t_{b\cdot f} = \frac{L}{s_r \cdot n_f}.$$

În cazul rabotării, timpul de bază este:

$$t_{b\cdot r} = \frac{B}{s \cdot n_r}.$$

Din condiția ca productivitățile să fie egale pentru cele două prelucrări, prin egalarea timpilor de bază se determină lățimea suprafeței:

$$\frac{L}{s_r \cdot n_f} = \frac{B}{s \cdot n_r}, \quad \text{de unde:} \quad B = L\,\frac{s \cdot n_r}{s_r \cdot n_f},$$

$$B = 1\,000\,\frac{0{,}5 \cdot 50}{4 \cdot 50} = 125 \text{ mm}.$$

13. În condițiile problemei 12 să se determine creșterea de productivitate dacă avansul la operația de frezare se dublează.

R = de 2 ori

6.3. Determinarea eficienței tehnico-economice a variantelor tehnologice de prelucrare mecanică

Considerînd că pentru fiecare piesă se pot întocmi mai multe variante tehnologice, trebuie să se aleagă varianta care asigură cele mai bune condiții tehnico-economice.

Criteriul des utilizat de apreciere este *prețul de cost.*

Pentru secțiile de prelucrare mecanică prin așchiere prețul de cost se determină astfel:

— pentru semifabricate laminate:

$$P_c = M + S + R, \qquad (6.15)$$

în care: M este costul materialului; S — retribuția muncitorului, în lei/oră; R — cheltuielile secției de producție.

Costul materialului se determină cu relația:

$$M = c \cdot m - c_1 \cdot k(m - m_1), \qquad (6.16)$$

unde: c este costul unui kilogram din materialul semifabricatului, în lei/kg; m — masa semifabricatului, în kg; c_1 — costul unui kilogram de deșeu recuperat, în lei/kg; $k = 0{,}8$ — coeficientul de recuperare a deșeurilor; m_1 — masa piesei finite la operația considerată, în kg.

Dacă piesa este sub formă de semifabricat obținut în una din secțiile de semifabricare ale întreprinderii, atunci prețul de cost al semifabricatului pentru secția de prelucrări mecanice va fi prețul de cost al secției de semifabricare.

De cele mai multe ori la compararea a două variante tehnologice, prețul de cost se grupează în *cheltuieli curente*, care se fac pentru fiecare piesă prelucrată și *cheltuieli constante*, care se fac o singură dată pentru tot lotul de piese.

În aceste condiții prețul de cost pentru întreg lotul de piese prelucrate se poate scrie cu relația:

$$P_c = A \cdot x + B \qquad (6.17)$$

în care A reprezintă cheltuielile directe și se poate determina cu relația:

$$A = \Sigma (S_m + K_{sp}) + M \qquad (6.18)$$

în care S_m este retribuția orară a muncitorului; K_{sp} — cheltuieli suplimentare cu caracter curent: amortizări, reparații ale utilajului, scule și instrumente de măsură, energie electrică etc și M — costul materialului;

x reprezintă lotul de piese supus prelucrării; B — cheltuieli constante: dispozitive speciale, matrițe și forme speciale, reglarea utilajului, cheltuieli de investiții pentru utilaj, care se poate determina cu relația:

$$B = \Sigma \left[\frac{S_r \cdot T_{pt}}{60} \left(1 + \frac{a}{100}\right) + \frac{T_{pt} \cdot n_r}{60} \right] + \Sigma\, C_{SDV} \left(1 + \frac{C_{SDV}}{100}\right) n_{SDV}, \qquad (6.19)$$

în care: S_r este retribuția orară a reglorului; T_{pt} — timpul de pregătire-încheiere, în min; a — adaos procentual la retribuție, în %; n_r — numărul

de reglări care se fac pentru prelucrarea lotului de piese; C_{SDV} — cheltuieli suplimentare legate de întreținerea și exploatarea SDV-urilor speciale; n_{SDV} — numărul SDV-urilor speciale.]

14. Să se determine lotul de piese pentru care două variante tehnologice au același preț de cost. În baza reprezentării grafice să se stabilească domeniile de eficiență economică pentru variantele analizate. Pentru variantele tehnologice s-au determinat:

— varianta I: $A_1 = 50$ lei/buc; $B_1 = 10\,000$ lei,

— varianta a II-a: $A_2 = 45$ lei/buc; $B_2 = 12\,000$ lei

Rezolvare. Lotul de piese pentru care prețul de cost al celor două variante este egal se determină din egalarea prețurilor de cost ale variantelor determinate cu relația (6.17):

$$P_{c1} = A_1 \cdot x + B_1; \quad P_{c2} = A_2 \cdot x + B_2$$

$$A_1 \cdot x + B_1 = A_2 \cdot x + B_2$$

$$x = \frac{B_2 - B_1}{A_1 - A_2} = \frac{12\,000 - 10\,000}{50 - 45} = 400 \text{ buc.}$$

Din reprezentarea grafică a dreptelor care reprezintă prețurile de cost (fig. 6.4), se desprind următoarele concluzii:

— pentru prelucrarea unui lot de piese $x < 400$ buc., varianta I este economică pentru că în acest domeniu $P_{c1} < P_{c2}$;

— pentru prelucrarea unui lot de piese cu $x = 400$ buc., variantele sînt identice din punctul de vedere al prețului de cost (se poate alege oricare dintre ele) pentru că $P_{c1} = P_{c2}$;

— pentru prelucrarea unui lot de piese $x > 400$ buc., varianta a II-a este economică pentru că în acest domeniu $P_{c2} < P_{c1}$.

15. Planul anual de producție al unei secții este de 50 000 arbori la operația de strunjire a unei suprafețe cu lungimea de 400 mm. Adaosul de prelucrare se îndepărtează într-o singură trecere și se lucrează cu un avans de 0,6 mm/rot la turația de 80 rot/min.

Să se determine:

a) timpul de bază pentru prelucrare;

b) cunoscînd că timpul de bază reprezintă 50% din norma de timp a operației, să se determine norma de timp;

c) prețul de cost a două variante cunoscînd că în prima

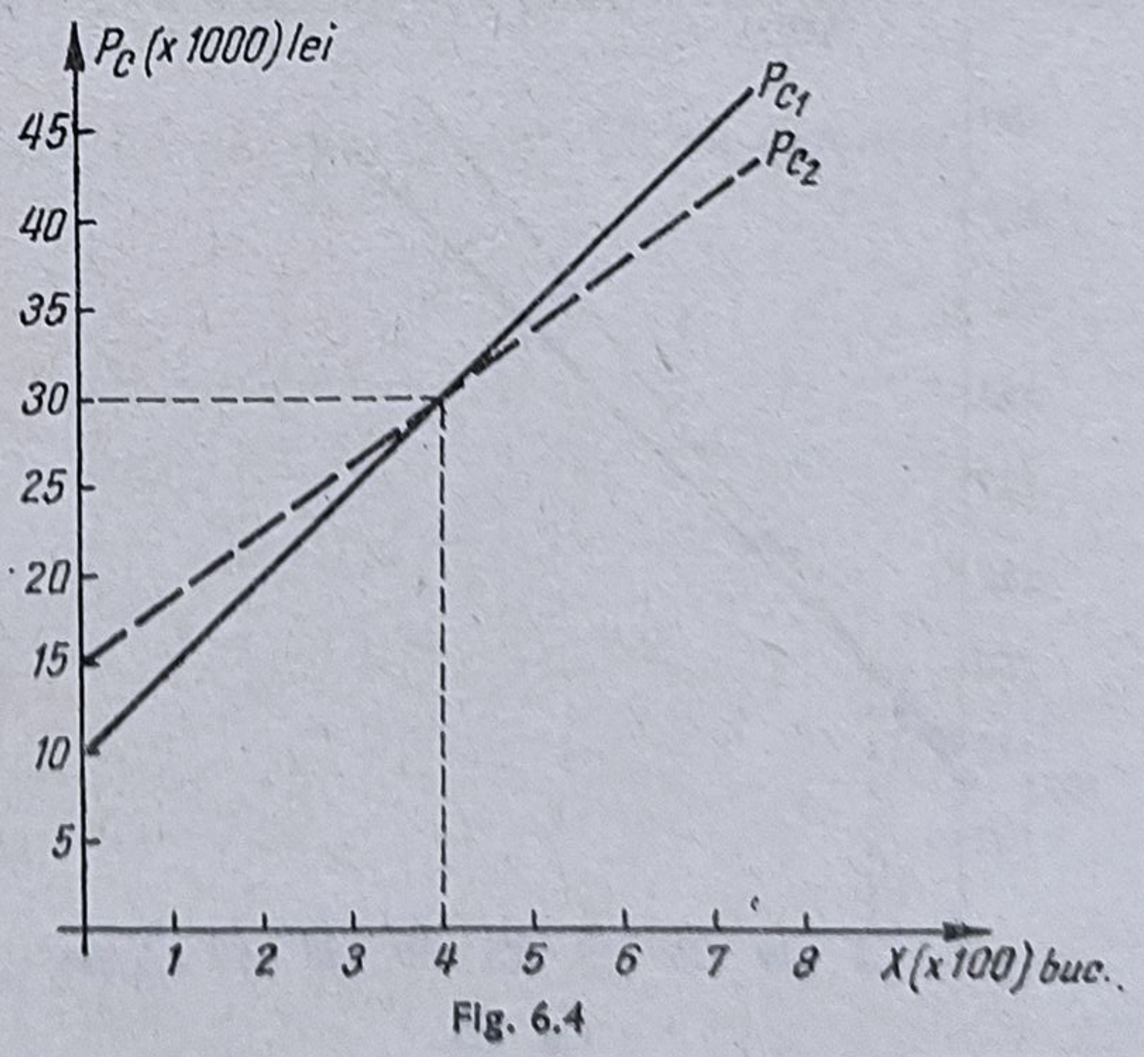


Fig. 6.4

variantă cheltuielile curente sînt $A_1 = 10$ lei/bucată şi cheltuielile constante $B_1 = 150\,000$ lei, iar în varianta a doua $A_2 = 12$ lei/buc. şi $B_2 = 140\,000$ lei;

d) pentru ce program de producţie variantele sînt identice; să se reprezinte grafic;

e) cîte strunguri sînt necesare dacă se lucrează în două schimburi?

f) dacă secţia dispune numai de 2 strunguri cîte piese se pot realiza?

Rezolvare.

a) Timpul de bază se determină cu relaţia:

$$t_b = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{400}{0{,}6 \cdot 80} = 8{,}4 \text{ min}$$

b) Norma de timp pe bucată, ţinînd seama de datele problemei, se determină cu relaţia:

$$N_t = 2 \cdot t_b = 16{,}8 \text{ min}$$

c) Preţurile de cost ale celor două variante, cunoscînd programul de producţie, se determină cu relaţiile:

$$P_{c1} = A_1 \cdot x + B_1 = 10 \cdot 50\,000 + 150\,000 = 650\,000 \text{ lei}$$

$$P_{c2} = A_2 \cdot x + B_2 = 12 \cdot 50\,000 + 140\,000 = 740\,000 \text{ lei}$$

d) Programul de producţie pentru care variantele sînt egale se determină prin egalarea preţurilor de cost:

$$A_1 \cdot x + B_1 = A_2 \cdot x + B_2$$

$$x = \frac{B_1 - B_2}{A_2 - A_1} = \frac{150\,000 - 140\,000}{12 - 10} = \frac{10\,000}{2} = 5\,000 \text{ buc.}$$

O b s e r v a ţ i e: Pentru $x > 5\,000$ buc. (atît cît este programul dat prin problemă) varianta I este economică (fig. 6.5).

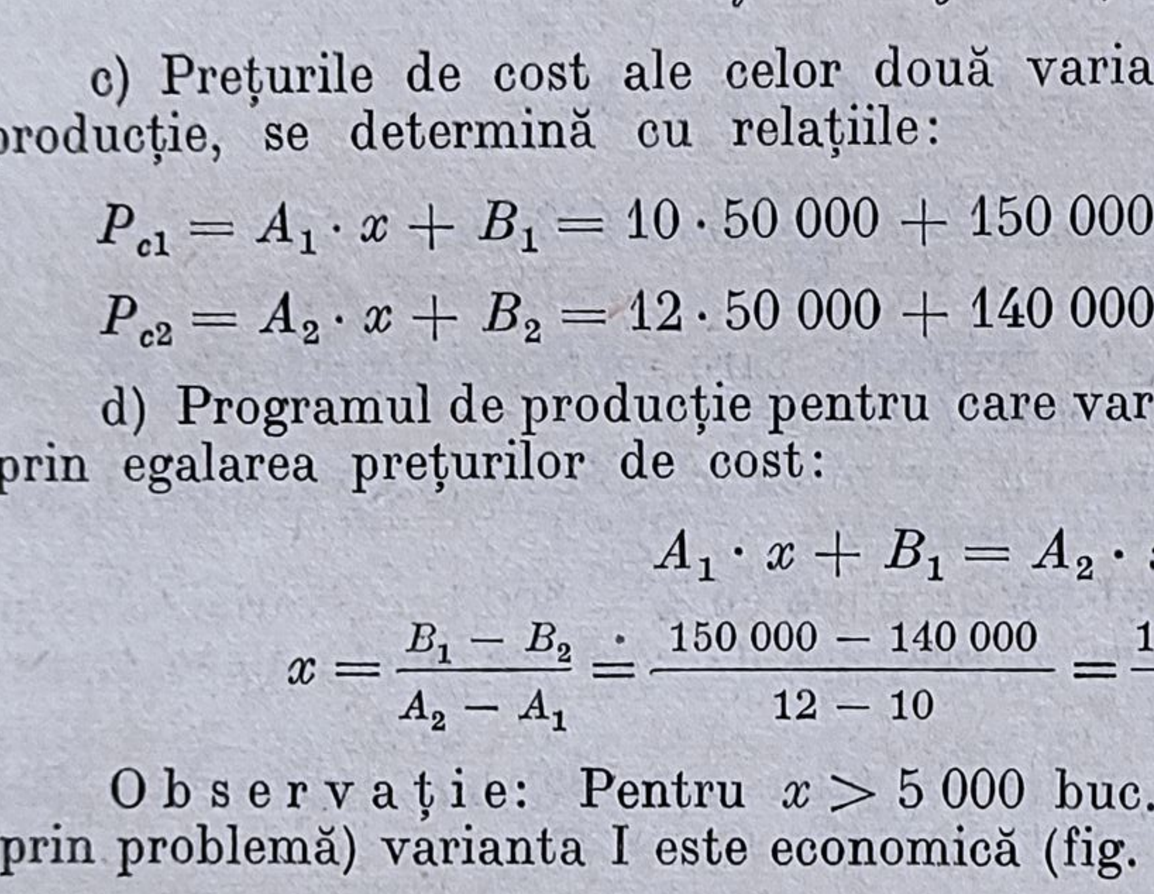


Fig. 6.5

e) Numărul de strunguri se determină ca raport între timpul necesar pentru realizarea întregii producţii şi fondul anual de timp al unei maşini.

Timpul necesar pentru realizarea producţiei se calculează cu relaţia:

$$T_t = N_t \cdot N_p = 16{,}8 \cdot$$

$$\cdot 50\,000 = 840\,000 \text{ min} =$$

$$= 14\,000 \text{ ore.}$$

Fondul anual de timp al unei maşini se calculează:

$$F_a = (Z - d)\, h \cdot s \cdot k,$$

în care: $Z = 365$ este numărul de zile calendaristice într-un an; $d = 60$ — numărul de duminici și sărbători legale; $h = 8$ ore — durata unui schimb de lucru; $s = 2$ — numărul de schimburi; $k = 0{,}85$ coeficient de utilizare a timpului.

În aceste condiții:

$$F_a = (365 - 60) \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0{,}85 = 4\,148 \text{ ore.}$$

Numărul de mașini se determină cu relația:

$$n_s = \frac{T_t}{F_a} = \frac{14\,000}{4\,148} = 3{,}32 \text{ mașini.}$$

Se adoptă $n_s = 4$ mașini.

f) În situația în care secția dispune numai de 2 mașini, trebuie să se determine lotul de piese care se pot prelucra făcînd comparația între capacitatea de producție existentă și cea necesară, astfel:

$$F_a \cdot n_{s \cdot e} = \frac{X \cdot N_t}{60}.$$

Din această relație se poate determina numărul de piese ce se prelucrează atunci cînd $n_{s \cdot e} = 2$, iar fondul anual de timp $F_a = 4\,148$ ore:

$$X = \frac{60 \cdot 2 \cdot 4\,148}{16{,}8} = 29\,627 \text{ buc.}$$

16. Pentru prelucrarea unei piese s-au întocmit două variante tehnologice. În prima variantă retribuția muncitorilor pentru realizarea tuturor operațiilor este de 12 lei, iar în a doua variantă de 10 lei. Dacă costul materialului pentru o piesă este de 14 lei, iar cheltuielile constante sînt $B_I = 50\,000$ lei și respectiv $B_2 = 49\,000$ lei, să se determine:

a) cheltuielile variabile pentru cele două variante;

b) pentru ce volum de producție cele două variante sînt egale;

c) care este domeniul de prelucrare economică pentru cele două variante. Să se reprezinte grafic.

Indicație. Se va obține un caz particular. Să se discute.

CAPITOLUL 7

ASAMBLAREA ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

7.1. Introducere

Asamblarea mașinilor constă din totalitatea operațiilor executate într-o anumită succesiune, prin care se efectuează îmbinarea tuturor pieselor prelucrate definitiv, în urma căror acțiuni se obține mecanismul sau mașina în stare de funcționare, conform normelor tehnice respective.

Întocmirea procesului tehnologic de asamblare comportă două etape:
— studiul condițiilor de desfășurare a procesului de asamblare;
— elaborarea procesului tehnologic.

Studiul condițiilor de desfășurare a procesului tehnologic se referă la:
— desenele pieselor finite și ale unităților de asamblare;
— condițiile tehnice de asamblare;
— mărimea seriei și volumul producției anuale;
— utilajul existent al uzinei;
— standardele și cataloagele pentru scule și dispozitive.

Elaborarea procesului tehnologic de asamblare se referă la:
— stabilirea unităților de asamblare, a lanțurilor lor de dimensiuni și a metodelor de rezolvare a acestor lanțuri de dimensiuni;
— schema de asamblare;
— fișele tehnologice și planele de operații;
— ciclograma asamblării;
— stabilirea condițiilor tehnice pentru executarea operațiilor speciale de asamblare.

Precizia operației de asamblare depinde de precizia de execuție a pieselor unității de asamblare și de modul de rezolvare a lanțului de dimensiuni.

Lanțul de dimensiuni este constituit dintr-o succesiune de dimensiuni liniare sau unghiulare ce formează un contur închis. Dimensiunile liniare sau unghiulare se numesc elementele componente ale lanțului de dimensiuni.

Cel mai simplu exemplu de lanț de dimensiuni liniare îl constituie cazul ajustajelor cilindrice netede. Lanțul de dimensiuni este format în acest caz din trei elemente:

— diametrul alezajului;
— diametrul arborelui;
— jocul sau strîngerea îmbinării.

Elementul ce închide lanțul de dimensiuni se numește *element de închidere.* Din dimensiunile pieselor se pot constitui de asemenea lanțuri simple de dimensiuni (fig. 7.1, *a*, *b*, *c*).

Elementul de închidere a lanțurilor de dimensiuni din figura 7.1 s-a notat cu A_Δ. În figura 7.2 s-a reprezentat un lanț de dimensiuni unghiulare, în două variante.

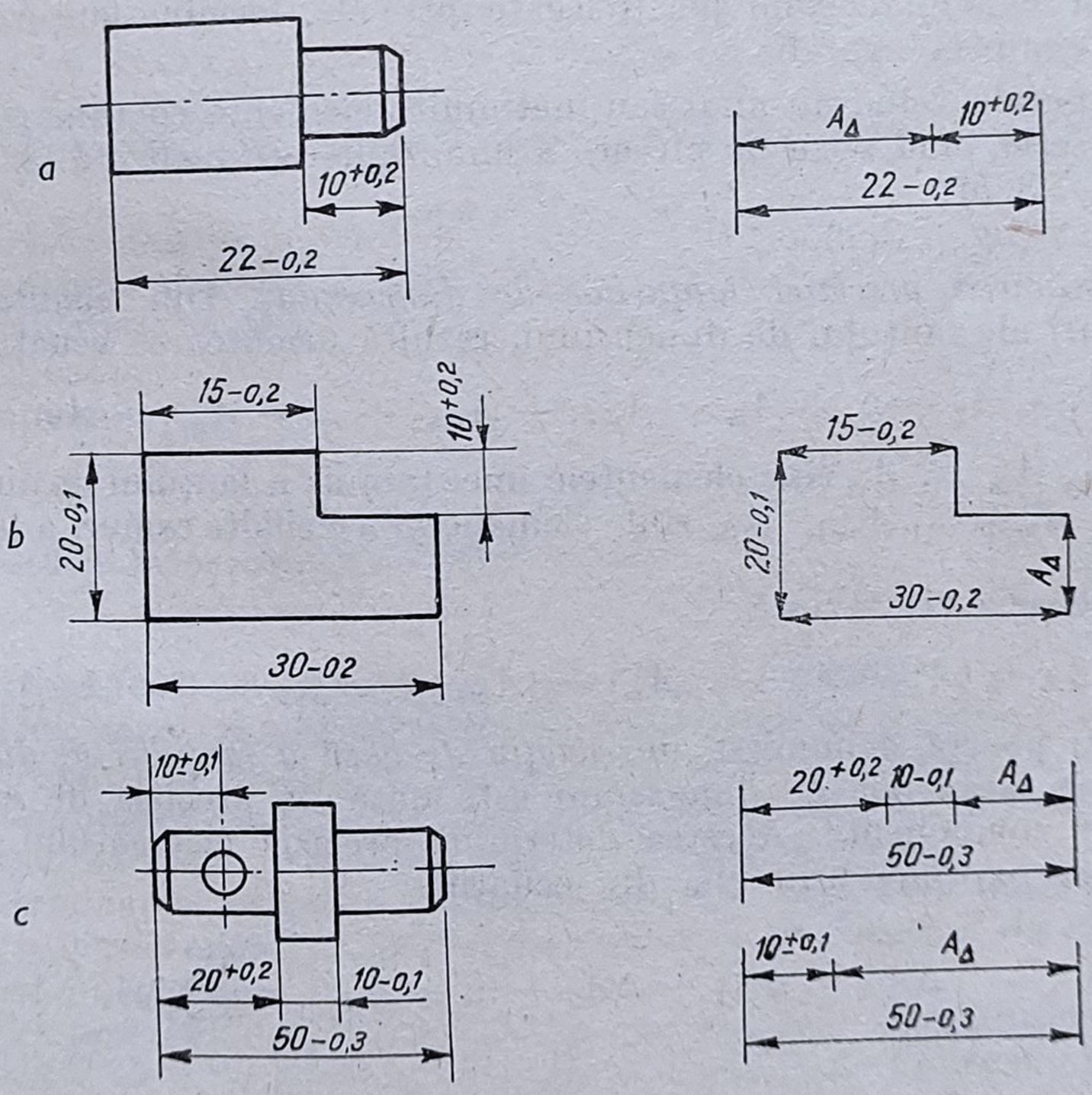


Fig. 7.1

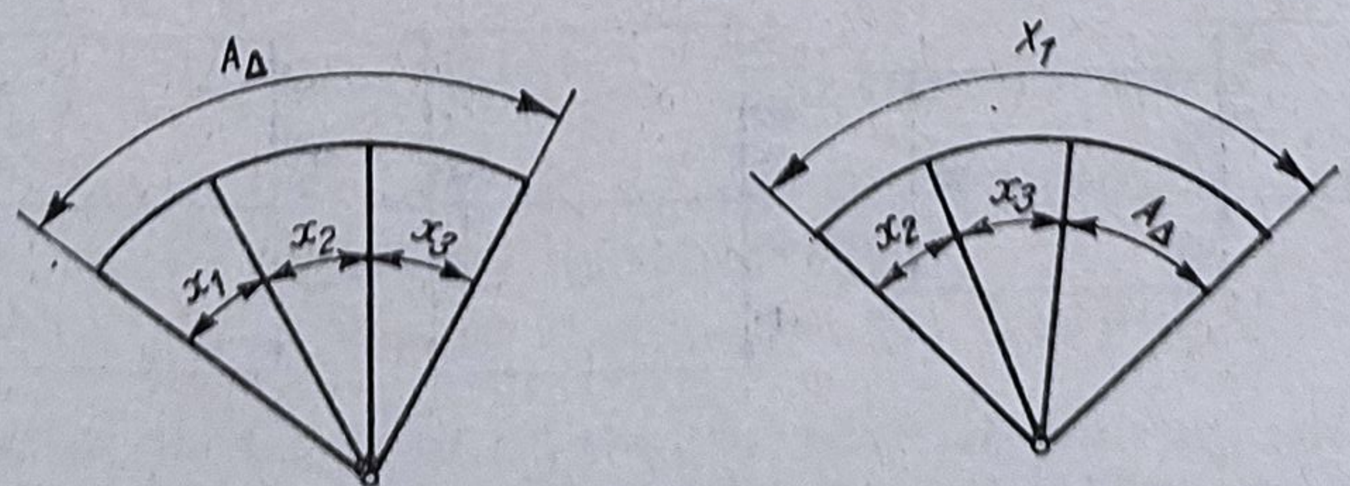


Fig. 7.2

Clasificarea lanţurilor de dimensiuni:

a) *după numărul pieselor cu dimensiuni în lanţul de dimensiuni:*

— lanţuri de dimensiuni ale pieselor;

— lanţuri de dimensiuni de asamblare;

b) *după aşezarea în spaţiu a elementelor componente ale lanţurilor:*

— lanţuri cu dimensiuni liniare;

— lanţuri cu dimensiuni plane;

— lanţuri cu dimensiuni spaţiale.

În cazul lanţurilor cu dimensiuni liniare, elementele componente sînt liniare şi paralele. Lanţurile cu dimensiuni plane au toate elementele componente într-un plan sau în plane paralele. Lanţurile spaţiale de dimensiuni au elementele componente aşezate oricum în spaţiu.

Lanţurile de dimensiuni pot fi legate între ele, formînd lanţuri complexe. Lanţurile complexe pot fi:

— în paralel, cînd au unul sau mai multe elemente comune (fig. 7.3, *a*);

— în serie, cînd baza de plecare a unui lanţ este realizată de cel precedent (fig. 7.3, *b*);

— mixt (fig. 7.3, *c*).

Determinarea preciziei lanţurilor de dimensiuni. Din egalitatea celor două ramuri ale lanţului de dimensiuni, rezultă următoarea ecuaţie:

$$A_1 + A_2 + \ldots + A_m = A_{m+1} + A_{m+2} + \ldots + A_{n-1} + A_\Delta, \qquad (1)$$

în care: A_1, A_2, ..., A_m sînt elementele unei ramuri a lanţului de dimensiuni;

A_{m+1}, A_{m+2}, ..., A_{n-1}, A_Δ sînt elementele celeilalte ramuri a lanţului de dimensiuni.

Din ecuaţia (1) rezultă:

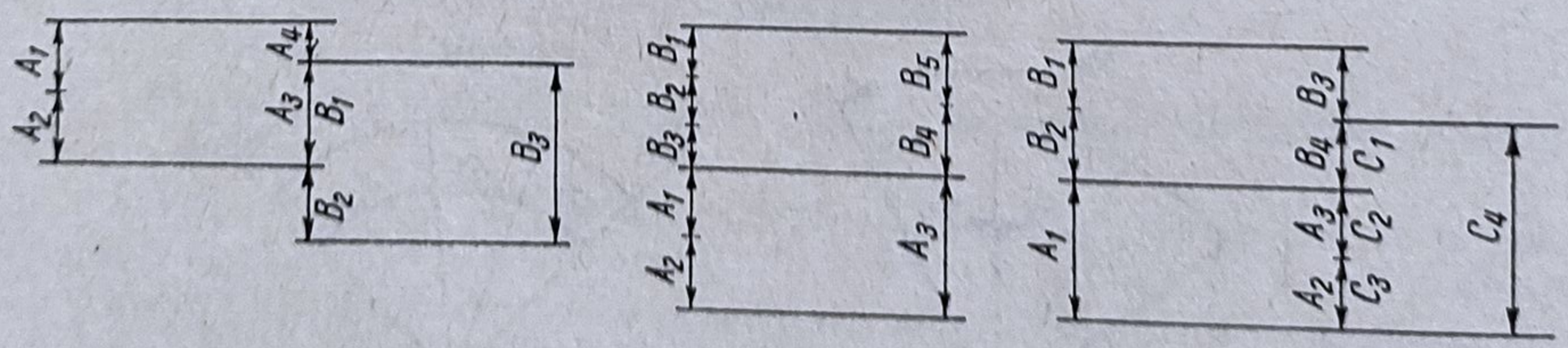
$$A_\Delta = (A_1 + A_2 + \ldots A_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + \ldots + A_{n-1}) \qquad (2)$$

Ecuaţia (2) poartă denumirea de *ecuaţia de bază a lanţului de dimensiuni.*

Precizia lanţurilor de dimensiuni este dată de precizia de execuţie a elementelor componente. Acestea determină precizia elementului de închidere care se exprimă prin una din ecuaţiile:

$$\Delta A_\Delta = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \ldots + \Delta_{A_{n-1}} = \sum_1^{n-1} \Delta A_i \qquad (3)$$

$$T_{A_\Delta} = T_{A_1} + T_{A_2} + \ldots + T_{A_{n-1}} = \sum_{i-1}^{n-1} T_i \qquad (4)$$



a *b* *c*

Fig. 7.3

Egalitatea (3) poartă denumirea de *ecuaţia erorilor lanţurilor de dimensiuni*, iar egalitatea (4) se numeşte *ecuaţia toleranţelor lanţurilor de dimensiuni*, în care:

A_i reprezintă eroarea elementelor componente;

Δ_{A_Δ} — eroarea elementului de închidere;

T_i, T_{A_Δ} — toleranţa elementelor componente şi respectiv a elementului de închidere.

Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni. Rezolvarea unui lanţ de dimensiuni constă în determinarea mărimii elementului de închidere, cunoscînd elementele componente ale lanţului sau în determinarea mărimii unuia sau a mai multor elemente componente, atunci cînd se cunoaşte mărimea elementului de închidere.

Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni se poate referi în mod analog şi la determinarea abaterii elementului de închidere sau a elementelor componente ale lanţului de dimensiuni.

Rezolvarea lanţurilor de dimensiuni se poate face prin următoarele metode:

— interschimbabilitatea totală;
— interschimbabilitatea parţială;
— asamblarea selectivă;
— reglarea;
— ajustarea.

7.2. Metoda interschimbabilităţii totale

Această metodă are următoarele procedee de rezolvare:

a) determinarea valorii nominale a elementului de închidere sau a unui element oarecare din ecuaţia de bază a lanţului de dimensiuni;

b) determinarea valorilor limită ale elementului de închidere sau a unui element oarecare prin procedeul de maxim şi minim;

c) determinarea valorilor nominale sau ale abaterilor elementului de închidere, respectiv pentru un element oarecare al lanţului de dimensiuni prin procedeul algebric;

d) determinarea valorii nominale sau a abaterilor elementului de închidere, respectiv ale unui element oarecare al lanţului de dimensiuni prin procedeul probabilistic.

a) *Procedeul valorii nominale a elementului* (exemplu). Din ecuaţia (1) se poate calcula:

$$A = (10 + 12 + 8) - (8 + 14 + 4) = 4 \text{ mm}$$

Cînd se cunoaşte valoarea elementului de închidere, se poate obţine valoarea unui element component al lanţului astfel:

$$4 = (10 + 12 + x) - (8 + 14 + 4); \quad x = 8 \text{ mm}$$

b) *Procedeul de maxim şi minim.* În cazul acestui procedeu, ecuaţia (1) se scrie pentru cele două valori limită ale elementelor componente ale

lanțului de dimensiuni, determinîndu-se în mod corespunzător valorile limită ale elementului de închidere sau ale unui element al lanțului.

Se folosesc relațiile:

$$A_{\Delta max} = (A_{1max} + A_{2max} + \ldots + A_{mmax}) - (A_{(m+1)min} + \ldots + A_{(n-1)min})$$

$$A_{\Delta min} = (A_{1min} + A_{2min} + \ldots + A_{mmin}) - (A_{(m+1)max} + \ldots + A_{(n-1)max})$$

1. Să se rezolve următorul lanț de dimensiuni:

$$A_{\Delta max} = 10^{+0,4}_{-0,2} + 15^{+0,2}_{+0,1} + 20^{-0,1}_{-0,2}$$

$$A_{\Delta max} = 10^{+0,4} + 15^{+0,2} + 20^{-0,1} = 10,4 + 15,2 + 19,9 = 45,5 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} = 10_{-0,2} + 15_{+0,1} + 20_{-0,2} = 9,8 + 15,1 + 19,8 = 44,7 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta} = 45^{+0,5}_{-0,3}.$$

2. Să se rezolve lanțul de dimensiuni următor:

$$A_{\Delta} = 10^{+0,1}_{-0,2} - (15^{+0,2}_{+0,1}) + 20^{-0,1}_{-0,2}$$

$$A_{\Delta max} = 10,1 - 15,1 + 19,9 = 14,9 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} = 9,8 - 15,2 + 19,8 = 14,4 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta} = 15^{-0,1}_{-0,6}.$$

3. Se dă spre rezolvare următorul lanț de dimensiuni:

$$A_{\Delta} = 15^{-0,1}_{-0,2} + 18^{+0,1}_{-0,2} - (8^{-0,1}_{-0,3}) - (7^{+0,2}_{+0,1})$$

$$A_{\Delta max} = 15^{-0,1} + 18^{+0,1} - 8_{-0,3} - 7_{+0,1} = 14,9 + 18,1 - 7,7 - 7,1 = 18,2 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} = 15_{-0,2} - 18_{-0,2} - 8^{-0,1} - 7^{+0,2} = 14,8 + 17,8 - 7,9 - 7,2 = 17,5 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta} = 18^{+0,2}_{-0,5}.$$

4. Să se rezolve lanțul de dimensiuni dat:

$$30^{+0,2}_{-0,3} = 10^{+0,1}_{-0,1} + 5^{-0,1}_{-0,2} + x$$

$$30,2 = 10^{+0,1} + 5^{-0,1} + x_{max}$$

$$30,2 = 10,1 + 4,9 + x_{max};\ x_{max} = 15,2 \text{ mm}$$

$$30_{-0,3} = 10_{-0,1} + 5_{-0,2} + x_{min}$$

$$29,7 = 9,9 + 4,8 + x_{min};\ x_{min} = 15,0 \text{ mm}$$

$$x = 15^{+0,2}.$$

În cazul determinării valorilor limită ale unui element al lanțului, cunoscîndu-se elementul de închidere, este necesar ca toleranța elementului de închidere să fie mai mare decît suma toleranțelor elementelor cunoscute.

5. Se dă pentru rezolvare lanțul de dimensiuni:

$$21^{+0,2}_{-0,1} = x + 8^{-0,1}_{-0,2} + 5^{+0,1}$$

$$21,2 = 7,9 + 5,1 + x_{max};\ x_{max} = 8,2 \text{ mm}$$

$$20,9 = 7,8 + 5 + x_{min};\ x_{min} = 8,1 \text{ mm}$$

$$x = 8^{+0,2}_{+0,1}.$$

c) *Procedeul algebric de rezolvare a lanțului de dimensiuni.* Acest procedeu se bazează pe considerentul că dimensiunile elementelor componente ale lanțurilor de dimensiuni prevăzute cu abateri sînt sume sau diferențe neefectuate, cu ajutorul cărora se pot calcula următoarele mărimi:

— valoarea nominală a elementului de închidere și valorile limită ale acesteia;

— valoarea unui element component și valorile limită ale acestuia;

— toleranța medie a elementului lanțului de dimensiuni, cunoscînd toleranțele elementului de închidere și numărul elementelor lanțului de dimensiuni, în care se include și elementul de închidere.

Determinarea abaterilor superioare și inferioare ale elementului de închidere a lanțului de dimensiuni rezultă din sumele algebrice ale acestor valori, corespunzătoare elementelor componente ale lanțurilor de dimensiuni.

Înainte de a se efectua aceste sume algebrice, la dimensiunile care sînt precedate de semnul minus se efectuează schimbarea de semn a celor două abateri și se ordonează apoi abaterile după valorile lor, ca abatere superioară și inferioară.

6. Să se rezolve algebric lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 20^{+0,2}_{-0,1} - (15^{-0,1}_{-0,2}) = 20^{+0,2}_{-0,1} - 15^{+0,2}_{+0,1} = (20 - 15)^{+0,2+0,2}_{-0,1+0,1} = 5^{+0,4}.$$

7. Se dă lanțul de dimensiuni: să se rezolve algebric:

$$A_\Delta = 10^{+0,1}_{-0,2} + 15^{+0,2}_{+0,1} + 20^{-0,1}_{-0,2} = (10 + 15 + 20)^{+0,1+0,2-0,1}_{-0,2+0,1-0,2} = 45^{+0,2}_{-0,3}.$$

8. Să se rezolve prin procedeul algebric lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 10^{+0,1}_{-0,2} - (15^{+0,2}_{+0,1}) + 20^{-0,1}_{-0,2} = 10^{+0,1}_{-0,2} - 15^{-0,1}_{-0,2} + 20^{-0,1}_{-0,2} = (10 - 15 + 20)^{-0,1}_{-0,6}$$

$$A_\Delta = 15^{-0,1}_{-0,6}.$$

9. Să se verifice gradul de coaxialitate a arborelui principal al unui strung revolver, cu axa alezajelor din capul revolver (fig. 7.4).

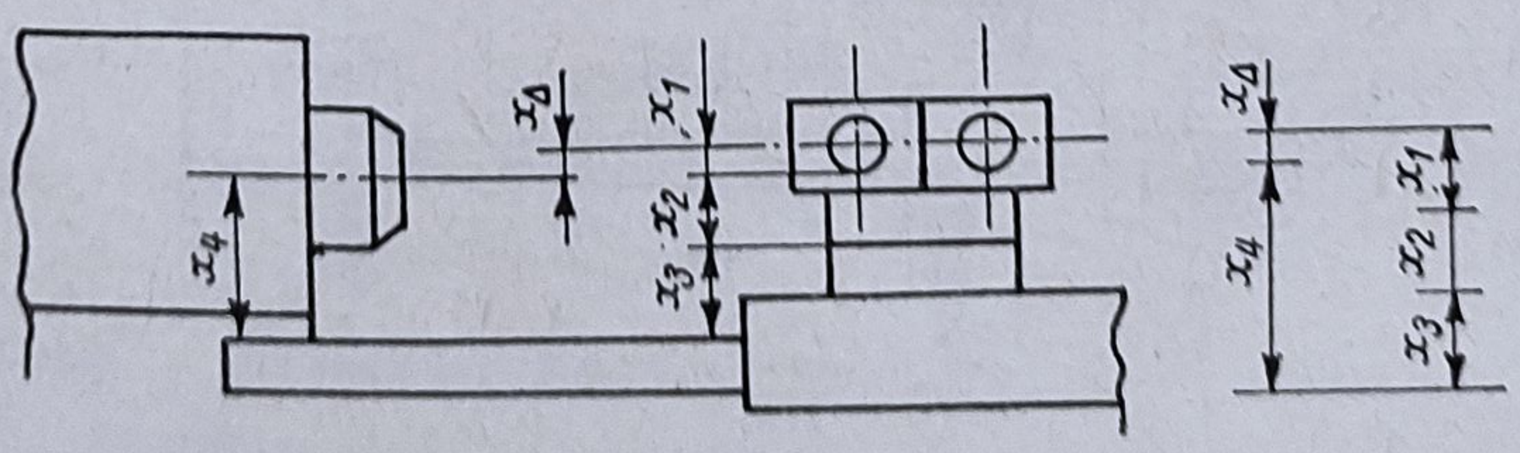


Fig. 7.4

Se stabilește următorul lanț de dimensiuni:

$$x_\Delta = x_1 + x_2 + x_3 - x_4.$$

În cazul cînd:

$$x_1 = 35^{+0,002}; \quad x_2 = 58^{+0,002}; \quad x_3 = 120^{+0,004}; \quad x_4 = 213_{-0,012}$$

rezultă că elementul de închidere x se obține astfel:

$$x_\Delta = 35^{+0,002} + 58^{+0,002} + 120^{+0,004} - (213_{-0,012})$$

$$x_\Delta = (35 + 58 + 120 - 213)^{-0,002+0,002+0,004+0,012}$$

$$x_\Delta = 0^{+0,020} \text{ mm}.$$

Considerînd că în exemplul analizat elementul x_3 este necunoscut, acesta se determină astfel:

$$0^{+0,020} = 35^{+0,002} + 58^{+0,002} + x_3 - (213_{-0,012}).$$

Valoarea nominală a elementului x_3 va rezulta din relația:

$$35 + 58 + x_3 - 213 = 0; \quad x_3 = 120 \text{ mm}.$$

Valoarea abaterii elementului x_3 se determină astfel:
Valoarea maximă a elementului x_3:

$$0^{+0,020} = 35^{+0,002} + 58^{+0,002} + x_3 - 213^{+0,012}; \quad x_3 = 120^{+0,004} \text{ mm}.$$

Valoarea minimă a elementului x_3: $x_3 = 120$ mm.

10. Să se determine înălțimea camerei de compresie a unui motor cu ardere internă (fig. 7.5).

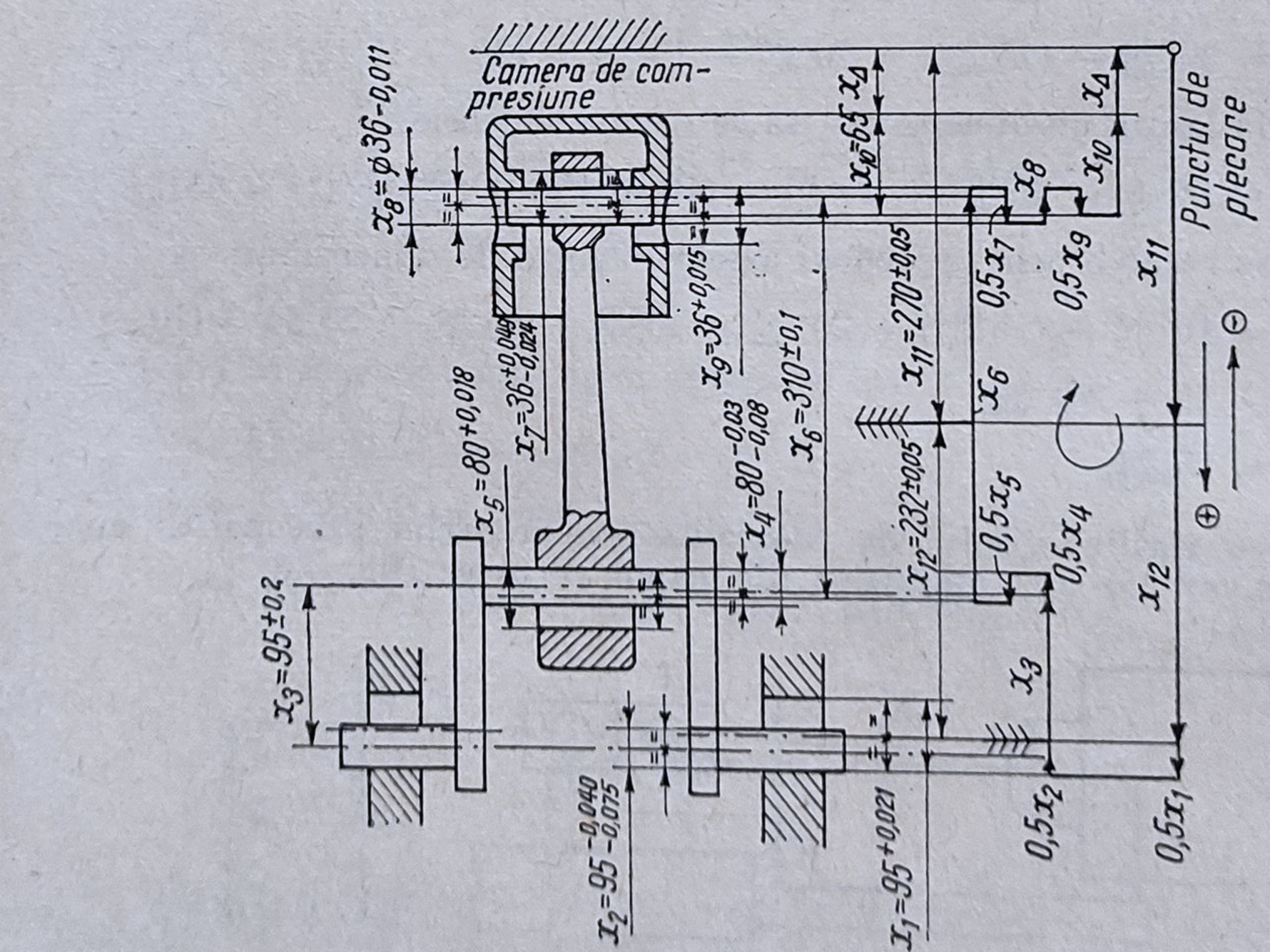


Fig. 7.5

Se stabileşte lanţul de dimensiuni şi sensul de parcurgere a acestuia. Deplasarea în jos de-a lungul lanţului de dimensiuni se consideră pozitivă, iar deplasarea în sus, negativă.

Ecuaţia lanţului de dimensiuni este dată de relaţia:

$$x_\Delta = x_{11} + x_{12} + 0{,}5x_1 - 0{,}5\,x_2 - x_3 - 0{,}5x_4 + 0{,}5x_5 - x_6 + 0{,}5\,x_7 - x_8 + 0{,}5x_9 - x_{10}.$$

Se consideră că elementele componente ale lanţului au următoarele dimensiuni:

$x_1 = 95^{+0{,}021}$ $\quad$ $x_5 = 80^{+0{,}018}$ $\quad$ $x_9 = 36^{+0{,}015}$

$x_2 = 95^{-0{,}040}_{-0{,}075}$ $\quad$ $x_6 = 310^{\pm 0{,}1}$ $\quad$ $x_{10} = 65^{\pm 0{,}015}$

$x_3 = 95^{\pm 0{,}2}$ $\quad$ $x_7 = 36^{+0{,}049}_{+0{,}024}$ $\quad$ $x_{11} = 270^{\pm 0{,}05}$

$x_4 = 80^{-0{,}030}_{-0{,}060}$ $\quad$ $x_8 = 36_{-0{,}11}$ $\quad$ $x_{12} = 232^{\pm 0{,}05}$

Ecuaţia lanţului de dimensiuni ia forma:

$$x_\Delta = 270^{\pm 0{,}05} + 232^{\pm 0{,}05} + 0{,}5(95^{+0{,}021}) - 0{,}5(95^{-0{,}040}_{-0{,}075}) - (95^{\pm 0{,}2}) - 0{,}5(80^{-0{,}030}_{-0{,}060}) + 0{,}5(80^{+0{,}018}) - (310^{\pm 0{,}1}) + 0{,}5(36^{+0{,}049}_{+0{,}024}) - (36_{-0{,}011}) + 0{,}5(36^{+0{,}015}) - (65^{\pm 0{,}15}).$$

Dimensiunea nominală a elementului de închidere are valoarea:

$$x_\Delta = 270 + 232 + 0{,}5 \cdot 95 - 0{,}5 \cdot 95 - 95 - 0{,}5 \cdot 80 + 0{,}5 \cdot 80 - 310 + 0{,}5 \cdot 36 - 36 + 0{,}5 \cdot 36 - 65 = 32 \text{ mm}.$$

Abaterea superioară a elementului de închidere se determină însumînd abaterile superioare ale elementelor componente, după ce s-au efectuat schimbările de semn şi de poziţie ale abaterilor elementelor lanţului ce sînt precedate de semnul minus, astfel:

$$-0{,}5 \cdot 95^{+0{,}075}_{+0{,}040};\ -0{,}5 \cdot 80^{+0{,}060}_{+0{,}030};\ 0{,}5 \cdot 36^{-0{,}024}_{-0{,}049};\ -36^{+0{,}011}.$$

Abaterea superioară a elementului de închidere $A_{\Delta s}$ are valoarea:

$$A_{\Delta s} = 50 + 50 + 0{,}5 \cdot 21 + 0{,}5 \cdot 75 + 200 + 0{,}5 \cdot 60 + 0{,}5 \cdot 18 + 100 + 0{,}5 \cdot 49 + 11 + 0{,}5 \cdot 15 + 15 = 545 \ \mu\text{m} = 0{,}545 \text{ mm}.$$

Abaterea inferioară a elementului de închidere are următoarea valoare:

$$A_{\Delta i} = -50 + 50 - 0{,}5 \cdot 40 - 200 + 0{,}5 \cdot 30 - 100 + 0{,}5 \cdot 24 - 15 = -368 \ \mu\text{m} = -0{,}368 \text{ mm}.$$

Elementul de închidere se prezintă astfel:

$$x_\Delta = 32^{+0{,}545}_{-0{,}368} \text{ mm}.$$

11. Să se stabilească și să se rezolve lanțul de dimensiuni din figura 7.6.

$$30_{-0,05} - (5^{+0,1}) + 10_{-0,1} + J - 35^{+0,1} = 0$$

$$J = 35^{+0,1} - (30_{-0,05}) + 5^{+0,1} - (10_{-0,1})$$

$$J = 35^{+0,1} - 30^{+0,05} + 5^{+0,1} - 10^{+0,1} = (35 - 30 + 5 - 10)^{+0,1+0,05+0,1+0,1} = 0^{+0,35} \text{ mm}.$$

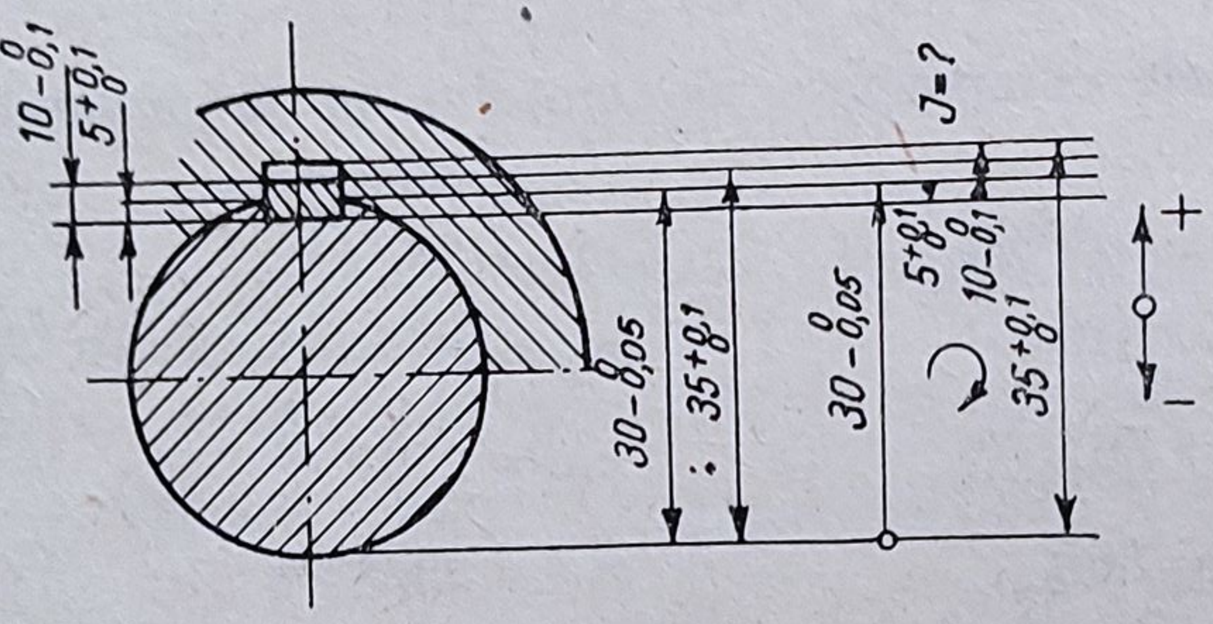


Fig. 7.6

12. Se consideră următorul lanț de dimensiuni:

$$45^{+0,20}_{-0,25} = 5^{+0,05}_{-0,05} + 6^{+0,05}_{-0,10} - (11^{+0,10}_{+0,05}) - (15^{-0,05}_{-0,10}) + x_1 + 0,5\,x_1$$

$$45^{+0,20}_{-0,25} = 5^{+0,05}_{-0,05} + 6^{+0,05}_{-0,10} - 11^{-0,05}_{-0,10} - 15^{+0,10}_{+0,05} + x_1 + 0,5x_1.$$

Valoarea nominală a elementelor necunoscute:

$$45 = (5 + 6 - 11 - 15 + x_1 + 0,5\,x_1)$$

$$x_1 + 0,5x_1 = 45 - 5 - 6 + 11 + 15 = 60.$$

$$x_1 = 40; \quad 0,5x_1 = 20.$$

Abaterea superioară a elementelor 40 și 20:

$$45^{+0,20} = (5 + 6 - 11 - 15 + 40 + 20)^{+0,05+0,05-0,05+0,10+A_s(x_1+0,5x_1)}$$

$$45^{+0,20} = (5 + 6 - 11 - 15 + 40 + 20)^{+0,015+0,05}.$$

Abaterea inferioară a elementelor 20 și 40:

$$45_{-0,25} = (5 + 6 - 11 - 15 + 40 + 20)_{-0,05-0,10-0,10+0,05+A_{i(x_1+0,5x_1)}}$$

$$45_{-0,25} = (5 + 6 - 11 - 15 + 40 + 20)_{-0,20-0,05}.$$

$$A_{s(x_1+0,5\,x_1)} = 0,05; \quad A_{i(x_1+0,5x_1)} = -0,05$$

Se adoptă: $x_1^{+0,03}_{-0,03}$; $0,5\ x_1^{+0,02}_{-0,02}$.

d) *Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni prin metoda interschimbabilității totale folosindu-se procedeul probabilistic.* Se consideră relația:

$$S^2 = S_1^2 + S_2^2 + \ldots + S_n^2 \qquad (5)$$

unde S_1, $S_2 \ldots S_n$ sînt abaterile medii pătratice ale abaterilor elementelor componente ale lanțului; S — abaterea medie pătratică a abaterilor elementului de închidere, iar:

$$\frac{\frac{S}{T}}{2} = \lambda; \quad \frac{\lambda T}{2} = S$$

unde T este toleranța elementului considerat al lanțului, iar λ — abaterea medie pătratică relativă.

Valorile abaterii medii pătratice relative pentru diferite distribuții sînt:

— pentru distribuție de tip Gauss: $\lambda_G = \frac{1}{3}$;

— pentru distribuție de egală probabilitate: $\lambda_p = \frac{1}{\sqrt{3}}$;

— pentru distribuție după legea lui Simpson: $\lambda_S = \frac{1}{\sqrt{6}}$.

Înlocuind în ecuația (5) valorile S prin $2\lambda T$, rezultă:

$$\lambda_\Delta T'_\Delta = \sqrt{\lambda_1^2 T_1^2 + \lambda_2^2 T_1^2 + \ldots + \lambda_{n-1}^2 T_{n-1}^2}. \qquad (6)$$

Se știe că:

$$\lambda_1 = k_1 \lambda_G$$
$$\lambda_2 = k_2 \lambda_G$$
$$\vdots$$
$$\lambda_{n-1} = k_{n-1} \lambda_G$$

unde k_1, k_2 ... k_{n-1} sînt coeficienții de împrăștiere relativă a abaterilor elementelor componente ale lanțului de dimensiuni, iar λ_G — abaterea medie pătratică a distribuției Gauss.

Pentru lanțuri liniare și unghiulare, valorile coeficientului de împrăștiere relativă sînt următoarele:

— pentru distribuție Gauss: $k_G = 1$;
— pentru distribuția de egală probabilitate: $k_p = 1{,}73$;
— pentru distribuția Simpson: (în triunghi): $k_s = 1{,}22$.

În cazul lanțurilor cu erori vectoriale, coeficientul de împrăștiere relativă ia următoarele valori:

— pentru distribuția Gauss: $k_G = 1{,}41$;
— pentru distribuția de egală probabilitate: $k_p = 2{,}45$;
— pentru distribuția Simpson: (în triunghi): $k_t = 1{,}41$.

Înlocuind în ecuația (6) valorile λ_i prin $k_i \lambda_G$, se obține:

$$T_\Delta = \frac{1}{k_\Delta} \sqrt{k_1^2 T_1^2 + k_2^2 T_2^2 + \ldots + k_{n-1}^2 T_{n-1}^2}, \qquad (7)$$

sau:

$$T_\Delta = \frac{1}{k_\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n-1} k_i^2 T_i^2}. \qquad (8)$$

Relația de calcul (8) se folosește pentru determinarea toleranței elementului de închidere cînd se cunosc toleranțele elementelor componente și coeficientul de împrăștiere relativă k_Δ, sau a toleranței unui element component al lanțului cînd sînt determinate celelalte valori.

Pentru distribuția normală, cînd se ia amplitudinea împrăștierii $\omega = 6s$ și $k_\Delta = 1$, procentul de risc este de 0,27% și în aceste condiții elementele lanțurilor de dimensiuni sînt executate în condițiile *interschimbabilității totale*.

Pentru diverse valori ale procentului de risc, coeficientul k_Δ ia valorile din tabelul 7.1, în care situație elementele lanțurilor de dimensiuni sînt executate în condițiile *interschimbabilității parțiale.*

Tabelul 7.1

Valoarea coeficientului de dispersie k_Δ

Procentul de risc	0,02	0,05	0,1	0,2	0,27	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
k_Δ	0,81	0,86	0,91	0,97	1,00	1,06	1,16	1,23	1,29	1,38
$\frac{1}{k_\Delta}$	1,234	1,163	1,098	1,030	1,000	0,950	0,900	0,855	0,825	0,795

Procentul de risc	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0
k_Δ	1,46	1,52	1,60	1,71	1,82
$\frac{1}{k_\Delta}$	0,770	0,750	0,735	0,715	0,695

Valoarea medie $\bar{x}$ a împrăștierilor nu coincide cu valoarea centrală a cîmpului de toleranță x_{ci} atunci cînd apar erori sistematice. În acest caz, are loc o deplasare a valorii medii:

$$\bar{x}_i = x_{ci} + \alpha_i \frac{T_i}{2},$$

unde α_i este coeficientul de asimetrie relativă, iar T_i — toleranța elementului lanțului de dimensiuni.

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere $x_{c\Delta}$ se calculează cu relația:

$$x_{c\Delta} = \sum_{i=1}^{n} \left(x_{ci} + \alpha_i \frac{T_i}{2} \right) - \alpha_\Delta \frac{\varepsilon_\Delta}{2},$$

unde α_Δ este coeficientul de asimetrie al elementului de închidere și ε_Δ — cîmpul de împrăștiere a elementului de închidere.

Dacă se cunoaște valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere, abaterile limită ale acestuia se calculează astfel:

$$x_{s\Delta} = x_{c\Delta} + \frac{T_\Delta}{2}; \quad x_{i\Delta} = x_{c\Delta} - \frac{T_\Delta}{2}.$$

Caracterul distribuției depinde și de mărimea lotului de piese pentru experimentare, ceea ce face ca în expresia de calcul privind toleranța elementului de închidere să fie introdus un coeficient de eficiență k_e, în care caz formula (8) devine:

$$T_\Delta = \frac{k_e}{k_\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} k_i^2 T_i^2}.$$

Valorile coeficientului de eficienţă, în dependenţă de mărimea lotului sînt cuprinse în tabelul 7.2.

Tabelul 7.2

Valoarea coeficientului de eficienţă k_e

Mărimea lotului	10	20	50	100	200	500	1 000
k	1,45	1,32	1,20	1,14	1,10	1,06	1,00

Determinarea valorii elementului de închidere a lanţului de dimensiuni se face în următoarea succesiune de operaţii:

1) întocmirea schemei şi ecuaţiei lanţului de dimensiuni;

2) stabilirea elementului de închidere şi a elementelor componente ale lanţului de dimensiuni, cu valorile lor nominale;

3) stabilirea toleranţelor elementelor componente şi a elementului de închidere a lanţului de dimensiuni;

4) determinarea coordonatelor x_c ale mijlocului cîmpurilor de toleranţă ale elementelor componente ale lanţului de dimensiuni;

5) determinarea coordonatei $x_{\Delta c}$ a mijlocului cîmpului de împrăştiere a elementului de închidere;

6) determinarea amplitudinii cîmpului de împrăştiere a elementului de închidere;

7) determinarea valorilor limită ale cîmpului de împrăştiere a elementului de închidere.

Pentru exemplificare se ia un angrenaj elicoidal (fig. 7.7). *Ecuaţia lanţului de dimensiuni:* $A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_\Delta = 0$

Stabilirea elementului de închidere: $A_\Delta = A_1 - A_2 - A_3 - A_4$.

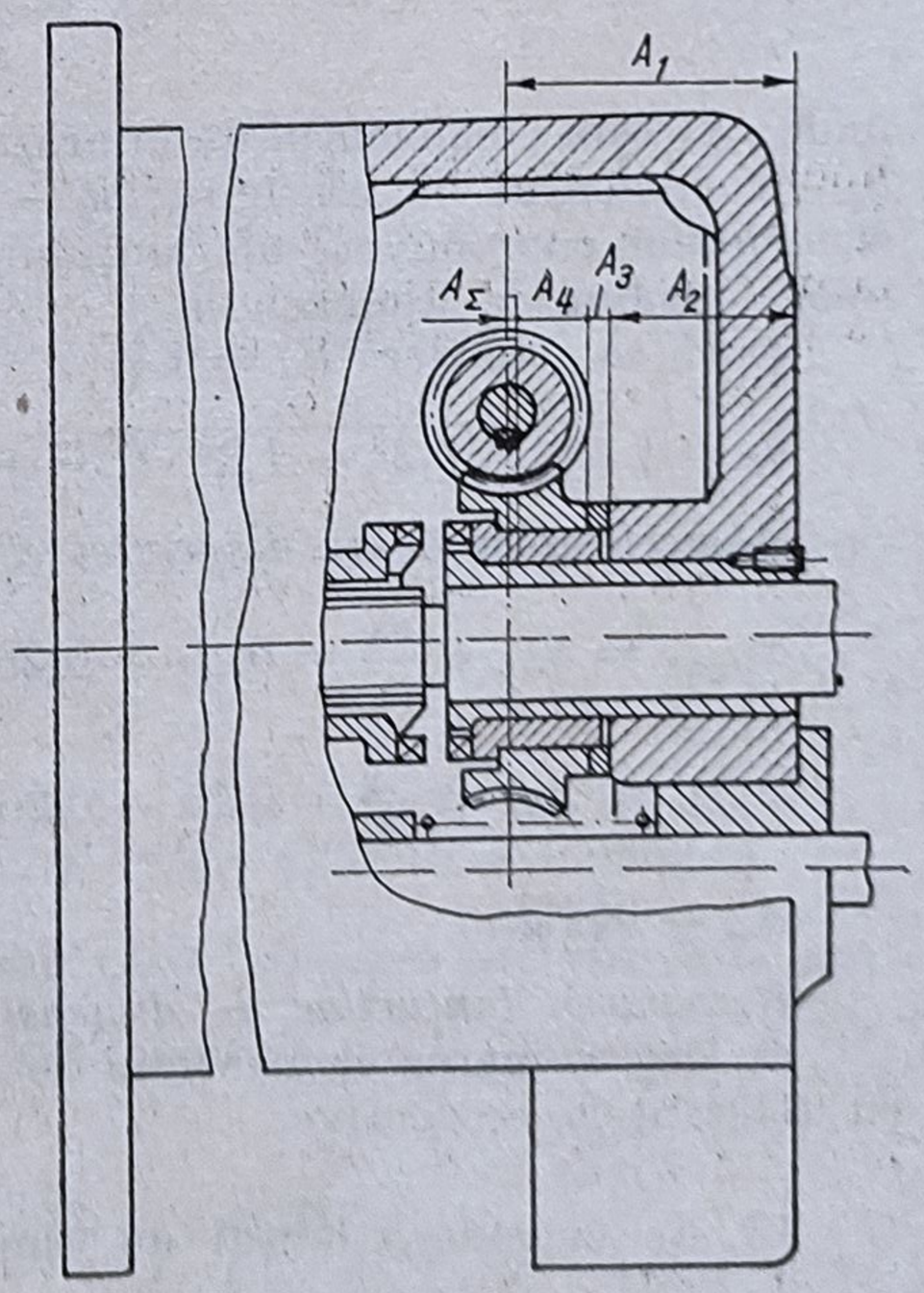


Fig. 7.7

Tabelul 7.3

Stabilirea valorilor nominale şi a toleranţelor elementelor componente

Simbolul elementului	Dimensiunea şi abaterile admisibile	Valoarea coeficienţilor	
		coeficient de dispersie k	coeficient de asimetrie α
A_1	$90 \pm 0{,}1$	1,2	0,0
A_2	$58_{-0{,}3}$	1,2	+0,2
A_3	$7_{-0{,}1}$	1,4	+0,4
A_4	$25 \pm 0{,}1$	1,2	0,0

Determinarea dimensiunii nominale a elementului de închidere:

$$A_\Delta = 90 - 58 - 7 - 25 = 0.$$

Determinarea coordonatelor x_c al mijlocului cîmpului de toleranță ale elementelor componente ale lanțului de dimensiuni:

$$x_{c1} = \frac{A_{max} + A_{min}}{2} = \frac{0{,}1 - 0{,}1}{2} = 0.$$

$$x_{c2} = -\frac{0{,}3}{2} = -0{,}15; \quad x_{c3} = -\frac{0{,}1}{2} = -0{,}05; \quad x_{c4} = \frac{0{,}1 - 0{,}1}{2} = 0.$$

Determinarea coordonatei $x_{\Delta c}$ a mijlocului cîmpului de împrăștiere a elementului de închidere. Valoarea coordonatei $x_{\Delta c}$ se calculează cu expresia:

$$x_{\Delta c} = \Sigma\left(x_{ci} + \alpha\frac{T_i}{2}\right),$$

unde x_{ci} reprezintă coordonata mijlocului cîmpului de toleranță a elementelor componente; α — coeficientul de asimetrie relativă a distribuției elementelor la care se referă.

$$x_{\Delta c} = (0 + 0 \cdot 0{,}1) - (-0{,}15 + 0{,}2 \cdot 0{,}15) - (-0{,}05 + 0{,}4 \cdot 0{,}05) + \\ + (0 \cdot 0 + 0 \cdot 0{,}1) = 0{,}30 \text{ mm}.$$

Determinarea amplitudinii cîmpului de împrăștiere a elementului de închidere ε_Δ. Amplitudinea cîmpului de împrăștiere se calculează cu expresia:

$$\varepsilon_\Delta = \frac{k_e}{k_\Delta}\sqrt{\Sigma k_i^2 \varepsilon_i^2},$$

unde: k_Δ este coeficientul de împrăștiere relativă a elementului de închidere; k_e — coeficientul de eficiență; k_i — coeficientul de împrăștiere relativă a elementelor componente ale lanțului de dimensiuni; ε_i — abaterea elementelor lanțului de dimensiuni.

Dacă se consideră $k_\Delta = 1$ și $k_e = 1$

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{1,2^2 \cdot 0,2^2 + 1,2^2 \cdot 0,3^2 + 1,4^2 \cdot 0,1^2 + 1,2^2 \cdot 0,2^2} = 0,52 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale dispersiei elementului de închidere sînt următoarele:

$$x_{\Delta max} = x_{\Delta c} + \frac{\varepsilon_\Delta}{2} = 0,15 + 0,26 = 0,41 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = x_{\Delta c} + \frac{\varepsilon_\Delta}{2} = 0,15 - 0,26 = -0,11 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 0^{+0,56}_{+0,04}.$$

Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni în cazul interschimbabilității totale

a) Determinarea elementului de închidere sau a unui element al lanțului cu toleranțele respective.

13. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 25^{+0,15}_{0} + 20_{-0,1}^{0}.$$

Se consideră $k_i = k_\Delta = 1$ și $\alpha_i = 0$. Rezultă:

$$A_{\Delta N} = 25 + 20 = 45 \text{ mm}$$

$$T'_\Delta = \frac{k_e}{k} = \sqrt{k_1^2 T_1^2 + k_2^2 T_2^2} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = \sqrt{(0{,}15)^2 + (0{,}1)^2} =$$

0,18 mm.

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere x_Δ rezultă din:

$$x_{c\Delta} = \left(x_{c1} + \alpha_1 \frac{T_1}{2}\right) + \left(x_{c2} + \alpha_2 \frac{T_2}{2}\right) = x_{1c} + x_{2c}$$

$$x_{c\Delta} = 0{,}075 - 0{,}05 = 0{,}025 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale dispersiei elementului de închidere se calculează cu relațiile:

$$x_{\Delta max} = x_{\Delta_c} + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}025 + \frac{0{,}18}{2} = 0{,}025 + 0{,}09 = 0{,}115 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = x_{\Delta_c} + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}025 - \frac{0{,}18}{2} = 0{,}025 - 0{,}09 = -0{,}065 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 45^{+0{,}115}_{-0{,}065} \text{ mm}.$$

14. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$A_\Delta = 10^{+0{,}1}_{-0{,}2} + 15^{+0{,}2}_{+0{,}1} + 20^{-0{,}1}_{-0{,}2}$ pentru care $k_\Delta = k_i = 1$ și $\alpha_i = 0$.

Rezultă:

$$A_{\Delta N} = 10 + 15 + 20 = 45 \text{ mm}$$

$$T_\Delta = \frac{k_e}{k_\Delta} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} k_i^2 T_i^2} = \sqrt{T_{10}^2 + T_{15}^2 + T_{20}^2} = \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} \simeq$$

$\simeq 0{,}332$ mm.

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere se determină astfel:

$$x_{c\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\bar{x}_{ic} + \alpha_i \frac{T_i}{2}\right)$$

$$x_{c\Delta} = x_{c10} + x_{c15} + x_{c20} = -0{,}05 + 0{,}15 - 0{,}15 = -0{,}05 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale dispersiei elementului de închidere sînt următoarele:

$$x_{\Delta max} = x_{\Delta_c} + \frac{T_\Delta}{2} = -0{,}05 + \frac{0{,}332}{2} = +0{,}116 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = x_{\Delta_c} - \frac{T_\Delta}{2} = -0{,}05 - \frac{0{,}332}{2} = -0{,}216 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 45^{+0{,}116}_{-0{,}216} \text{ mm}.$$

15. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$A_\Delta = 45^{-0,2}_{-0,3} + 25^{-0,2}_{-0,4}$. Considerînd $k_i = k_\Delta = k_e = 1$ și $\alpha_i = 0$, rezultă:

$$A_{\Delta N} = 45 + 25 = 70 \text{ mm}$$

$$T_\Delta = \sqrt{0,1^2 + 0,2^2} = 0,22 \text{ mm}$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere va fi:

$$x_{c\Delta} = x_{c1} + x_{c2} = -0,25 - 0,30 = -0,55 \text{ mm.}$$

Abaterile limită ale elementului de închidere sînt:

$$x_{\Delta max} = -0,55 + 0,11 = -0,44 \text{ mm;}$$

$$x_{\Delta min} = -0,55 - 0,11 = -0,66 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 70^{-0,44}_{-0,66} \text{ mm.}$$

16. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 20^{+0,3} - (10_{-0,2})$$

$$A_{\Delta N} = 20 - 10 = 10 \text{ mm.}$$

Considerînd $k_\Delta = k_i = k_e = 1$ și $\alpha_i = 0$, rezultă că:

$$T_\Delta = \sqrt{0,3^2 + 0,2^2} = 0,36 \text{ mm.}$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere:

$$x_{c\Delta} = x_{c1} + x_{c2} = 0,15 - (-0,1) = 0,25 \text{ mm.}$$

Abaterile limită ale elementului de închidere:

$$x_{\Delta max} = 0,25 + 0,18 = +0,43 \text{ mm}$$

$$x_{\Delta min} = 0,25 - 0,18 = +0,07 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 10^{+0,43}_{+0,07} \text{ mm.}$$

17. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 50^{-0,2}_{-0,3} - (20^{-0,1}_{-0,2})$$

$$A_{\Delta N} = 50 - 20 = 30 \text{ mm.}$$

Considerînd $k_\Delta = k_i = k_e = 1$ şi $\alpha_i = 0$, rezultă că:

$$T_\Delta = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} = 0,14 \text{ mm.}$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere va fi:

$$x_{c\Delta} = x_{c1} + x_{c2} = -0{,}25 - (-0{,}15) = -0{,}10 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale elementului de închidere sînt:

$$x_{\Delta max} = -0{,}10 + 0{,}07 = -0{,}03 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = -0{,}10 - 0{,}07 = -0{,}17 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 30^{-0{,}03}_{-0{,}17} \text{ mm}.$$

18. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 10^{+0{,}1}_{-0{,}2} - (15^{+0{,}2}_{+0{,}1}) + 20^{-0{,}1}_{-0{,}2}.$$

Dacă se consideră $k_\Delta = k_i = 1$ și $\alpha_i = 0$, valoarea nominală a elementului de închidere va fi:

$$A_{\Delta N} = 10 - 15 + 20 = +15 \text{ mm}.$$

Toleranța elementului de închidere:

$$T_\Delta = \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} = 0{,}332 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere:

$$x_{c\Delta} = x_{c10} + x_{c15} + x_{c20} = -0{,}05 - 0{,}15 - 0{,}15 = -0{,}35 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale dispersiei elementului de închidere:

$$x_{\Delta max} = x_{c\Delta} + \frac{T_\Delta}{2} = -0{,}35 + 0{,}166 = -0{,}184 \text{ mm}$$

$$x_{\Delta min} = x_{c\Delta} - \frac{T_\Delta}{2} = -0{,}35 - 0{,}166 = -0{,}516 \text{ mm}.$$

$$A_\Delta = 15^{-0{,}184}_{-0{,}516} \text{ mm}.$$

19. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$10^{+0{,}1}_{-0{,}2} + A_1 = 25^{+0{,}3}_{-0{,}2}.$$

Valoarea nominală a elementului A_1 este:

$$10 + A_{1N} = 25; \; A_{1N} = 15 \text{ mm}.$$

Se consideră $k_\Delta = k_i = 1$ și $\alpha_i = 0$.

Toleranța elementului $A_{1N} = 15$ mm va fi:

$$\sqrt{0{,}3^2 + T_{15}^2} = 0{,}5; \quad T_{15} = \sqrt{0{,}5^2 - 0{,}3^2} = 0{,}4 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului A_1:

$$x_{c\Delta} = x_{c10} + x_{cA_1}$$

$$0{,}05 = -0{,}05 + x_{cA_1}; \quad x_{cA_1} = +0{,}10 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale dispersiei:

$$x_{A_1 max} = +0{,}10 + \frac{T}{2} = 0{,}10 + 0{,}20 = +0{,}30 \text{ mm};$$

$$x_{A_1 min} = +0{,}10 - \frac{T}{2} = 0{,}10 - 0{,}20 = -0{,}10 \text{ mm}$$

$$A_1 = 15^{+0{,}3}_{-0{,}1} \text{ mm}.$$

20. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$20_{-0{,}1} - (A_1) = 10^{+0{,}2}.$$

Valoarea nominală a elementului A_1 va fi:

$$20 - A_{1N} = 10; \quad A_{1N} = 10 \text{ mm}.$$

Considerînd $k_\Delta = k_i = 1$ și $\alpha_i = 0$, se obține:

$$0{,}2 = \sqrt{0{,}1^2 + T^2_{A_1}}; \quad 0{,}2^2 = 0{,}1^2 + T^2_{A_1}$$

$$T_{A_1} = \sqrt{0{,}2^2 - 0{,}1^2} = \sqrt{0{,}03} = 0{,}173 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului A_1:

$$x_{c\Delta} = x_{c1} - x_{cA_1}$$

$$0{,}1 = -0{,}05 - x_{cA_1}; \quad x_{cA_1} = -0{,}15 \text{ mm}.$$

Abaterile limită ale elementului A_1:

$$x_{A_1 max} = -0{,}15 + \frac{T_{A_1}}{2} = -0{,}15 + 0{,}086 = -0{,}064 \text{ mm};$$

$$x_{A_1 min} = -0{,}15 - \frac{T_{A_1}}{2} = -0{,}15 - 0{,}086 = -0{,}236 \text{ mm}$$

$$A_1 = 10^{-0{,}064}_{-0{,}236} \text{ mm}.$$

21. a) Reluînd exemplul 5 de la procedeul de maxim și minim pentru rezolvarea lanțului de dimensiuni, se va rezolva, în cele ce urmează, după procedeul probabilistic în ipoteza interschimbabilității totale.

Dimensiunea nominală a elementului de închidere:

$$A_\Delta = 270 + 232 + 0{,}5 \cdot 95 - 0{,}5 \cdot 95 - 95 - 0{,}5 \cdot 80 + 0{,}5 \cdot 80 -$$

$$- 310 + 0{,}5 \cdot 36 - 36 + 0{,}5 \cdot 36 - 65 = 32 \text{ mm}.$$

Toleranțele elementelor componente:

$T_1 = 0{,}5 \cdot 0{,}021 = 0{,}0105$ mm
$T_2 = 0{,}5 \cdot 0{,}035 = 0{,}0175$ mm
$T_3 = 0{,}4$ mm
$T_4 = 0{,}5 \cdot 0{,}030 = 0{,}015$ mm
$T_5 = 0{,}5 \cdot 0{,}018 = 0{,}009$ mm
$T_6 = 0{,}20$ mm
$T_7 = 0{,}5 \cdot 0{,}025 = 0{,}0125$ mm
$T_8 = 0{,}011$ mm
$T_9 = 0{,}5 \cdot 0{,}015 = 0{,}0075$ mm
$T_{10} = 0{,}030$ mm
$T_{11} = 0{,}100$ mm
$T_{12} = 0{,}100$ mm

Dacă se consideră $k_\Delta = k_i = 1$ și $\alpha_i = 0$, toleranța elementului de închidere, va fi:

$$T_\Delta = \sqrt{10{,}5^2 + 17{,}5^2 + 400^2 + 15^2 + 9^2 + 200^2 + 12{,}5^2 + 11^2 + 7{,}5^2 + 30^2 + 100^2 + 100^2}$$

$$T_\Delta = 471{,}1 \ \mu\text{m}.$$

Valorile centrale ale dispersiilor elementelor de închidere vor fi date de următoarele produse:

$$x_{c1} = 0{,}5 \cdot 0{,}0105; \ x_{c2} = -0{,}5 \cdot 0{,}0175; \ x_{c3} = 0; \ x_{c4} = -0{,}5 \cdot 0{,}015;$$

$$x_{c5} = 0{,}5 \cdot 0{,}009; \ x_{c6} = 0; \ x_{c7} = 0{,}5 \cdot 0{,}0125; \ x_{c8} = -0{,}0055;$$

$$x_{c9} = 0{,}5 \cdot 0{,}0075; \ x_{c10} = x_{c11} = x_{c12} = 0:$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere este:

$$x_{c\Delta} = (0{,}5 \cdot 0{,}0105 + 0{,}5 \cdot 0{,}009 + 0{,}5 \cdot 0{,}0125 + 0{,}5 \cdot 0{,}0075) +$$

$$+ (-0{,}5 \cdot 0{,}0175 + 0{,}5 \cdot 0{,}015 - 0{,}0055) = 0{,}0385 \text{ mm}.$$

Valorile limită ale abaterii elementului de închidere sînt:

$$x_{\Delta max} = 0{,}0385 + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}0385 + 0{,}2355 = 0{,}2740 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = 0{,}0385 - \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}0385 - 0{,}2355 = -0{,}1970 \text{ mm};$$

$$A_\Delta = 32^{+0{,}274}_{-0{,}197} \text{ mm}.$$

b) Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni prin determinarea toleranței medii a tuturor elementelor componente, cunoscîndu-se toleranța elementului de închidere și numărul elementelor lanțului.

Din relația: $T_\Delta = T_1 + T_2 + \ldots + T_{n-1}$, cînd $T_1 = T_2 = \ldots = T_{n-1} = T_{med}$,

rezultă că: $T_\Delta = (n-1)\, T_{med}$, iar $T_{med} = \dfrac{T_\Delta}{n-1}$,

unde T_{med} este toleranța medie a elementelor lanțului de dimensiuni; n — numărul de elemente ale lanțului de dimensiuni, în care se include și elementul de închidere.

Toleranța medie a elementelor lanțului de dimensiuni se mai poate determina și în modul următor:

$$T_\Delta = \frac{1}{k} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} k_i^2 T_i^2}.$$

Considerînd $k_\Delta = k_i = 1$ și $T_i = T_{med}$, se obține:

$$T_\Delta^2 (n-1)\, T_{med}^2; \quad T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}}.$$

22. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$45^{+0,115}_{-0,065} = 25 + 20$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0,180}{2} = 0,090$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,180}{\sqrt{2}} = 0,127$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0,090$ mm, deci:

$$45^{+0,115}_{-0,065} = (25 + 20)^{+0,0575+0,0575}_{-0,0325-0,0325}$$

$$45^{+0,115}_{-0,065} = 25^{+0,0575}_{-0,0325} + 20^{+0,0575}_{-0,0325}$$

23. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$45^{+0,116}_{-0,216} = 10 + 15 + 20$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0,332}{3} = 0,110$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,332}{\sqrt{3}} = 0,146$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0,110$ mm, deci:

$$45^{+0,116}_{-0,216} = (10 + 15 + 20)^{+0,038+0,038+0,038}_{-0,072-0,072-0,072}$$

$$45^{+0,116}_{-0,216} = 10^{+0,038}_{-0,072} + 15^{+0,038}_{-0,072} + 20^{+0,038}_{-0,072}.$$

24. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$30^{-0,030}_{-0,170} = 50 - 20$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{-0,140}{2} = -0,070$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{-0,140}{\sqrt{2}} = -0,090$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0,070$ mm, deci:

$$30^{-0,030}_{-0,170} = (50 - 20)^{-0,015-0,015}_{-0,085-0,085}$$

$$30^{-0,030}_{-0,170} = 50^{-0,015}_{-0,085} - (20^{+0,085}_{+0,015}).$$

25. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$25^{+0,3}_{-0,2} = 10 + x$$

$$25 = 10 + x; \quad x = 15 \text{ mm}$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0,5}{2} = 0,250$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,5}{\sqrt{2}} = 0,354$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0{,}250$ mm, deci:

$$25^{+0,3}_{-0,2} = (10 + 15)^{+0,15+0,15}_{-0,10-0,10}$$

$$25^{+0,3}_{-0,2} = 10^{+0,15}_{-0,10} + 15^{+0,15}_{-0,10}.$$

26. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$15^{-0,184}_{-0,516} = 10 - 15 + 20$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{-0{,}332}{3} = -0{,}111$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{-0{,}332}{\sqrt{3}} = -0{,}191$ mm.

Se consideră $T_{med} = -0{,}111$ mm, deci:

$$15^{-0,184}_{-0,516} = (10 - 15 + 20)^{0}_{-0,111}{}^{0}_{-0,111}{}^{0}_{-0,111}$$

$$15^{-0,184}_{-0,516} = 10^{-0,061}_{-0,172} - 15^{+0,172}_{+0,061} + 20^{-0,061}_{-0,172}$$

27. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$55^{+0,3}_{-0,1} = 10^{+0,05}_{-0,05} + 15^{+0,05}_{-0,02} - (10^{+0,02}_{-0,03}) + 40^{+0,17}_{-0,01}$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0{,}4}{4} = 0{,}1$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0{,}4}{2} = 0{,}2$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0{,}1$ mm, deci:

$$55^{+0,3}_{-0,1} = (10 + 15 - 10 + 40)^{+0,075+0,075+0,075}_{-0,025-0,025-0,025}$$

$$55^{+0,3}_{-0,1} = 10^{+0,075}_{-0,025} + 15^{+0,075}_{-0,025} - (10^{+0,025}_{-0,075}) + 40^{+0,075}_{-0,025}.$$

28. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$48^{-0,150}_{-0,300} = 65 - 10 - 17$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0{,}150}{3} = 0{,}050$;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0{,}150}{\sqrt{3}} = \frac{0{,}150}{1{,}73} = 0{,}086$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0{,}05$, deci:

$$48^{-0,150}_{-0,300} = (65 - 10 - 17)^{-0,05-0,05-0,05}_{-0,1\ -0,\ 1-0,1}$$

$$48^{-0,150}_{-0,300} = 65^{-0,05}_{-0,1} - (10^{+0,1}_{+0,05}) - (17^{+0,1}_{+0,05}).$$

29. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$5^{+0,150}_{-0,050} = 45 - 15 - 20 - 5$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0,200}{4} = 0,050$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{4}} = \frac{0,200}{2} = 0,100$ mm.

Se consideră $T_{med} = 0,050$ mm, deci:

$$5^{+0,150}_{-0,050} = (45 - 15 - 20 - 5)^{+0,0375+0,0375+0,0375+0,0375}_{-0,0125-0,0125-0,0125-0,0125}$$

$$5^{+0,150}_{-0,050} = 45^{+0,0375}_{-0,0125} - (15^{+0,0125}_{-0,0375}) - (20^{+0,0125}_{-0,0375}) - (5^{+0,0125}_{-0,0375}).$$

30. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$0^{-0,150}_{-0,300} = 35 - 20 - 15$$

a) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{n-1} = \frac{0,150}{3} = 0,050$ mm;

b) $T_{med} = \frac{T_\Delta}{\sqrt{n-1}} = \frac{0,151}{1,41} = 0,107$ mm.

Se consideră: $T_{med} = 0,050$ mm, deci:

$$0^{-0,150}_{-0,300} = (35 - 20 - 15)^{0}_{-0,05}{}^{+0}_{-0,05}{}^{+0}_{-0,05}$$

$$0^{-0,150}_{-0,300} = 35^{0}_{-0,05} - (20^{0}_{-0,05}) - (15^{0}_{-0,05}).$$

31. Să se rezolve lanțul de dimensiuni al unui angrenaj melc (fig. 7.8).

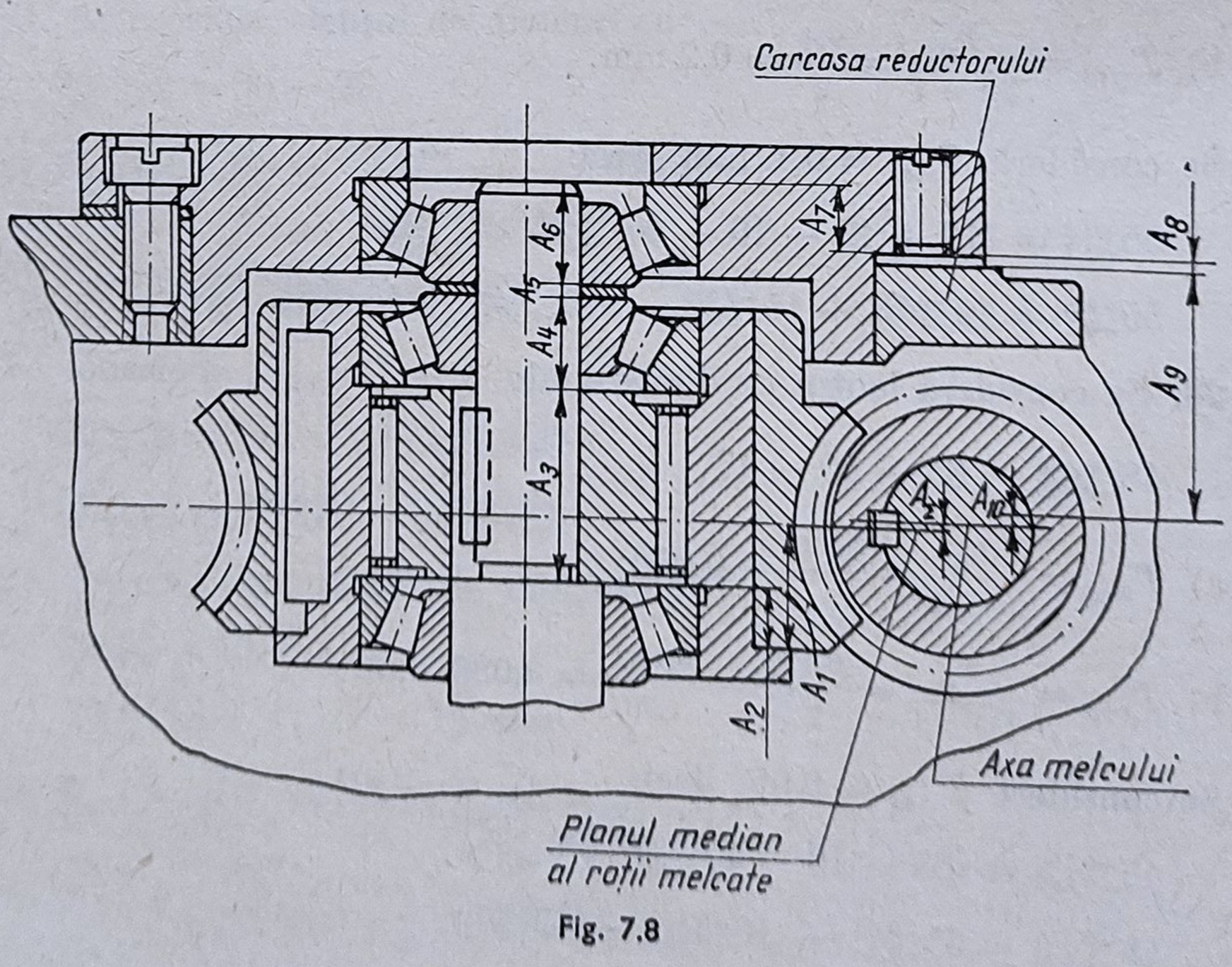


Fig. 7.8

Elementele lanțului de dimensiuni sînt:

A_1 — distanța de la planul median al coroanei dințate pînă la fața frontală de așezare a roții melcate;

A_2 — distanța din bucșă de la guler la pragul de alezaj;

A_3 — distanța dintre fețele frontale ale alezajului bucșei;

A_4 — lățimea de montare a rulmentului cu role conice;

A_5 — grosimea inelului;

A_6 — lățimea de montare a rulmentului cu role conice;

A_7 — distanța de la suprafața flanșei pînă la fundul alezajului pentru rulment;

A_8 — grosimea semiinelelor compensatoare;

A_9 — distanța de la fața frontală a carcasei reductorului pînă la axa alezajului pentru lagărele axului melcului;

A_{10} — deplasarea axei de rotație a melcului datorită erorilor inelelor exterioare ale rulmenților.

Ecuația lanțului de dimensiuni:

$$A = -A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 - A_7 - A_8 - A_9 - A_{10}$$

Tabelul 7.4

Stabilirea valorilor și toleranțelor elementelor componente

Elementul	Dimensiunile cu toleranțe	Valorile coeficienților	
		k	α
A_Δ	0	1,0	0,0
A_1	$14 \pm 0{,}1$	1,2	+0,3
A_2	$4 \pm 0{,}15$	1,2	0
A_3	$33 \pm 0{,}15$	1,2	+0,3
A_4	$16^{+0,5}$	1,0	0
A_5	$2_{-0,1}$	1,3	+0,4
A_6	$16^{+0,5}$	1,0	0
A_7	$10 \pm 0{,}15$	1,3	+0,4
A_8	$3_{-0,1}$	1,3	+0,4
A_9	$44 \pm 0{,}1$	1,2	0
A_{10}	0,01	1,73	−0,3

Valoarea nominală a elementului de închidere, neglijîndu-se A_{10}:

$$A_\Delta = -14 + 4 + 33 + 16 + 2 + 16 - 10 - 3 - 44 = 0$$

Abaterea elementului de închidere ε_Δ, în ipoteza $k_e = 1$:

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{2 \cdot 1{,}2^2 \cdot 0{,}2^2 + 2 \cdot 1{,}2^2 \cdot 0{,}3^2 + 2 \cdot 0{,}5^2 + 2 \cdot 1{,}3^2 \cdot 0{,}1^2 + 1{,}3^2 \cdot 0{,}3^2} =$$

$$= 1{,}03 \text{ mm}.$$

Valorile centrale ale dispersiilor elementelor componente ale lanțului:

$\varepsilon_{c1} = \varepsilon_{c2} = \varepsilon_{c3} = \varepsilon_{c7} = \varepsilon_{c9} = 0$; $\varepsilon_{c4} = \varepsilon_{c6} = 0{,}25$;

$\varepsilon_{c5} = \varepsilon_{c8} = -0{,}05$; ε_{c10} se neglijează.

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere $\varepsilon_{c\Delta}$

Se utilizează expresia de calcul:

$$\varepsilon_{c\Delta} = \Sigma\left(\varepsilon_{ci} + \alpha_i \frac{\varepsilon_i}{2}\right) - \alpha_\Delta \frac{\varepsilon_\Delta}{2},$$

unde ε_{ci} este valoarea centrală a dispersiilor elementelor componente ale lanțului;

ε_i — cîmpul de împrăștiere al elementelor componente ale lanțului de dimensiuni;

α_i, α_Δ — coeficienții de asimetrie ai elementelor componente și respectiv a elementului de închidere a lanțului;

ε_Δ — cîmpul de împrăștiere a elementului de închidere;

$\varepsilon_{c\Delta}$ — valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere.

În situația dată, $\alpha_\Delta = 0$ și expresia devine:

$$\varepsilon_{c\Delta} = \Sigma\left(\varepsilon_{ci} + \alpha_i \frac{\varepsilon_i}{2}\right)$$

$$\varepsilon_{c\Delta} = [0 + 0{,}3 \cdot 0{,}1 + 0{,}25 + (-0{,}05 + 0{,}4 \cdot 0{,}05) + 0{,}25] -$$

$$- [(0{,}3 \cdot 0{,}1) + (-0{,}05 + 0{,}4 \cdot 0{,}05)] = 0{,}500 \text{ mm}.$$

Valorile limită ale elementului de închidere

$$\varepsilon_{\Delta max} = 0{,}500 + \frac{T}{2} = 0{,}500 + 0{,}501 = 1{,}01$$

$$\varepsilon_{\Delta min} = 0{,}500 - \frac{T}{2} = 0; \quad A_\Delta = 0^{+1{,}01}.$$

32. Să se rezolve lanțul de dimensiuni pentru determinarea coaxialității axului canelat și a bucșei canelate, în plan vertical.

Ecuația lanțului de dimensiuni (fig. 7.9) este de forma:

$$A_\Delta = -A_1 - A_2 + A_3 - A_4,$$

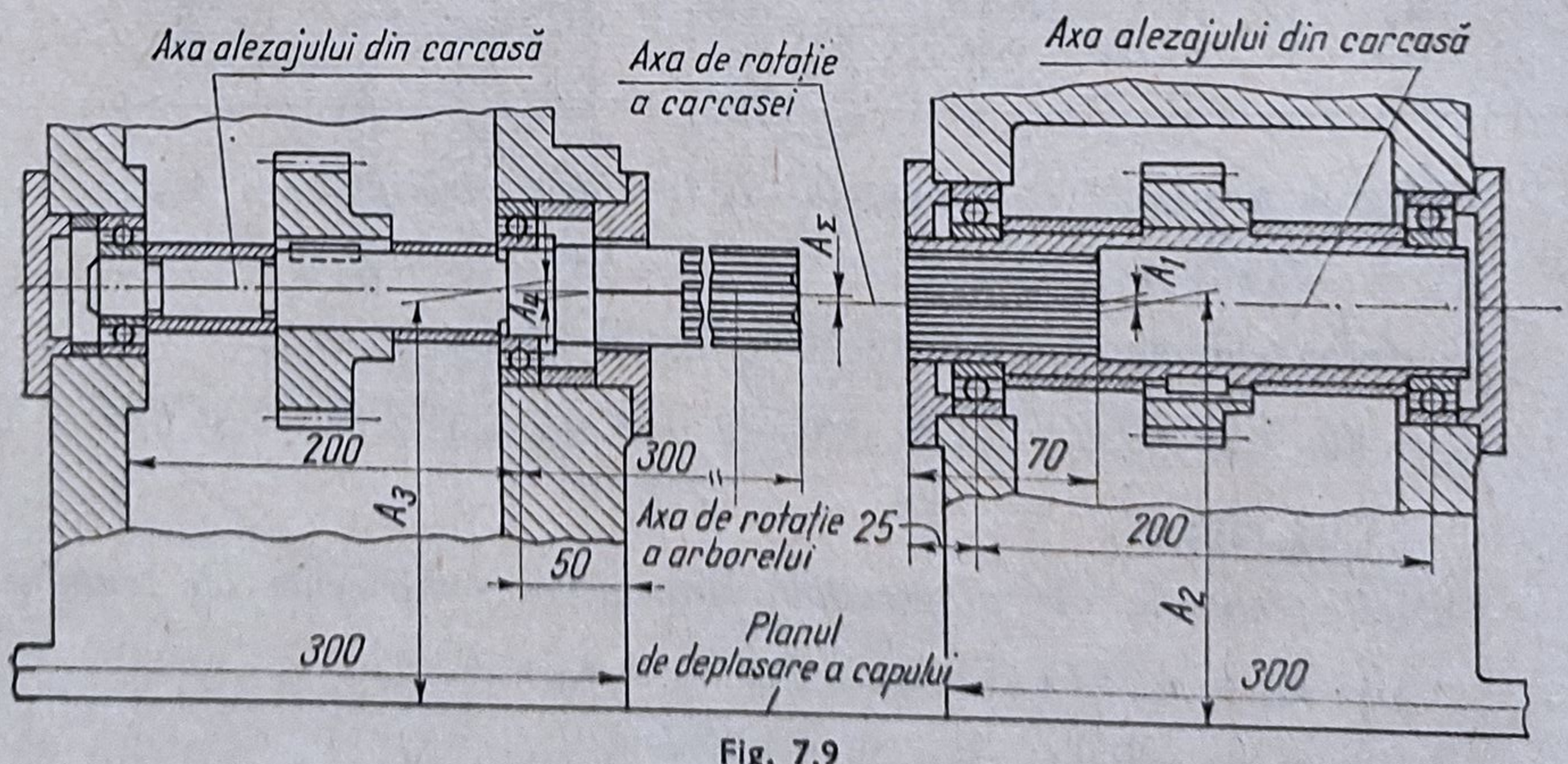


Fig. 7.9

unde: A_Δ este elementul de închidere;

A_1 — deplasarea axelor suprafeţelor inelului exterior al rulmenţilor (jumătatea bătăii radiale);

A_2 — distanţa dintre axa alezajului din carcasa capului din dreapta pînă la baza carcasei;

A_3 — distanţa dintre axa alezajului din carcasa capului din stînga pînă la baza carcasei;

A_4 — deplasarea axelor suprafeţelor inelului exterior al rulmenţilor (jumătatea bătăii radiale).

Dimensiunile şi abaterile admisibile ale elementelor componente ca şi valorile coeficienţilor k şi α corespunzătoare elementelor lanţului sînt cuprinse în tabelul 7.5.

Tabelul 7.5

Valorile coeficienţilor k şi α

Elementul	Dimensiunile şi abaterile admisibile	Valorile coeficienţilor	
		k	α
A_1	0,01	1,73	−0,3
A_2	$247 \pm 0,03$	1,4	+0,5
A_3	$247 \pm 0,03$	1,4	+0,5
A_4	0,01	1,73	−0,3

Valoarea nominală a elementului de închidere este:

$$A_\Delta = -0 - 247 + 247 - 0 \quad = 0.$$

Abaterea elementului de închidere:

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{1{,}73^2 \cdot 0{,}01^2 + 1{,}4^2 \cdot 0{,}06^2 + 1{,}4^2 \cdot 0{,}06^2 + 1{,}73^2 \cdot 0{,}01^2}$$

$$\varepsilon_\Delta = \sqrt{3 \cdot 0{,}0001 + 2 \cdot 0{,}0036 + 2 \cdot 0{,}0036 + 3 \cdot 0{,}0001} =$$

$$= \sqrt{0{,}0150} = 0{,}122 \text{ mm}$$

Valorile centrale ale dispersiilor elementelor componente ale lanţului de dimensiuni:

$$\varepsilon_{c1} = 0{,}005; \quad \varepsilon_{c2} = 0; \quad \varepsilon_{c3} = 0; \quad \varepsilon_{c4} = 0{,}005.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere $\varepsilon_{c\Delta}$. Se utilizează expresia:

$$\varepsilon_{c\Delta} = \Sigma\left(\varepsilon_{ci} + \alpha_i \frac{\varepsilon_i}{2}\right) - \alpha_\Delta \frac{\varepsilon_\Delta}{2}.$$

Dacă $\alpha_\Delta = 0$; $\varepsilon_{c\Delta} = \Sigma\left(\varepsilon_{ci} + \alpha_i \frac{\varepsilon_i}{2}\right)$;

$$\varepsilon_{c\Delta} = 2\ (0{,}005 - 0{,}3 \cdot 0{,}005) + 2(0 + 0{,}5 \cdot 0{,}03) =$$

$$= 0{,}010 - 0{,}003 + 0{,}006 = 0{,}013.$$

Valorile limită ale elementului de închidere:

$$A_{\Delta max}\, 0{,}013 + \frac{\varepsilon_\Delta}{2} = 0{,}013 + 0{,}061 = 0{,}074 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} = 0{,}013 - 0{,}061 = -0{,}048 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 0^{+0{,}074}_{-0{,}048}.$$

7.3. Metoda interschimbabilității parțiale

Această metodă de rezolvare a lanțurilor de dimensiuni se bazează pe următoarele premise:

— se majorează toleranțele elementelor lanțului de dimensiuni în scopul unei prelucrări mai economice;

— abaterile elementului de închidere vor rezulta majorate în mod corespunzător, astfel încît o parte din lanțurile de dimensiuni nu vor mai corespunde condițiilor de precizie impuse de funcționare;

— se adoptă însă un asemenea procent de rebut al lanțurilor prelucrate, încît valoarea pierderilor prin depășirea preciziei impuse de condițiile tehnice să fie mai mică decît reducerea costului prelucrării prin executarea acesteia, în condiții de precizie mai scăzută;

— pe baza acestor considerații se adoptă un coeficient de rebut în condițiile de mai înainte și cunoscînd toleranța elementului de închidere, se determină toleranța medie a elementelor componente ale lanțurilor în condițiile;

— în cazul cînd se cunosc toleranțele elementelor componente ale lanțului, acestea se măresc pînă la valori economice și cu adoptarea unui coeficient de rebut se determină toleranța elementului de închidere.

Expresiile de calcul în cazul interschimbabilității parțiale sînt următoarele:

a) $$T_\Delta = \frac{1}{k_\Delta}\sqrt{k_1^2 T_1^2 + \ldots + k_{n-1}^2 T_{n-1}^2} = \frac{1}{k_\Delta}\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} k_i^2 T_i^2}$$

cînd $k_1 = k_2 = \ldots k_{n-1} = k$; $T_1 = T_2 = T_3 = \ldots T_{n-1} = T_{med}$,

sau

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta} T_{med}\sqrt{n-1}, \tag{9}$$

de unde:

$$T_{med} = \frac{T_\Delta k_\Delta}{k\sqrt{n-1}}, \tag{10}$$

în care: k_Δ este coeficientul de dispersie relativă a elementului de închidere a cărui valoare depinde de coeficientul de risc;

k — coeficientul de dispersie a elementelor lanțului de dimensiuni;

n — numărul elementelor lanțului de dimensiuni.

b) $$2s_\Delta = \sqrt{(2s_1)^2 + \ldots + (2s_{n-1})^2}$$

$$\frac{2s_\Delta}{T_\Delta} T_\Delta = \sqrt{\frac{(2s_1)^2}{T_1^2} T_1^2 + \ldots + \frac{(2s_{n-1})^2}{T_{n-1}^2} T_{n-1}^2},$$

care se poate scrie:

$$\frac{T_\Delta}{z} = \sqrt{\lambda_1^2 T_1^2 + \ldots + \lambda_{n-1}^2 T_{n-1}^2}.$$

Dacă $\lambda_1 = \lambda_2 = \ldots = \lambda_{n-1} = \lambda$; $T_1 = T_2 = \ldots T_{n-1} = T_{med}$

Se obține:

$$\frac{T_\Delta}{z} = \lambda T_{med} \sqrt{n-1}$$

$$T_\Delta = z\lambda T_{med} \sqrt{n-1} \qquad (11)$$

sau

$$T_{med} = \frac{T_\Delta}{z\lambda \sqrt{n-1}}, \qquad (12)$$

unde: z este o mărime legată de coeficientul de rebut;

λ = abaterea medie pătratică relativă a dispersiei elementelor componente ale lanțului de dimensiuni.

Tabelul 7.6

Valorile mărimii z în funcție de coeficientul de risc

z	1	1,65	2,00	2,57	3,00	3,29	3,89
Procentul de risc	32	10	4,5	1,0	0,27	0,10	0,01

Tabelul 7.7

Valorile abaterii medii pătratice relative

λ	Legea de repartiție
$\frac{1}{\sqrt{3}}$	probabilitate egală (dreptunghiului)
$\frac{1}{\sqrt{6}}$	triunghiului
$\frac{1}{3}$	Gauss

1) *Determinarea toleranței elementului de închidere*

33. Se consideră lanțul de dimensiuni.

$A_\Delta = 25^{+0,3} + 22_{-0,2}$

$A_N = 25 + 22 = 47$ mm.

Se adoptă un procent de risc $R = 10$, la care $z = 1{,}65$ şi se consideră $\lambda = \frac{1}{3}$

Rezultă că: $T_\Delta = z\lambda \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$

$$T_\Delta = 1{,}65 \frac{1}{3} \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}2^2} = \frac{1{,}65}{3} \sqrt{0{,}09 + 0{,}04} = \frac{1{,}65 \cdot 0{,}36}{3} = 0{,}198 \text{ mm.}$$

În cazul cînd procentul de risc este $R = 0{,}27$, atunci $z = 3$, iar $T_\Delta = 0{,}36$ mm.

Calculînd toleranţa elementului de închidere cu expresia:

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta} \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$$

şi adoptînd $k = 1$ şi $k_\Delta = 1{,}82$ pentru $R = 10$ (v. tab. 7.1) se obţine:

$$T_\Delta = \frac{1}{1{,}82} \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}2^2} = \frac{0{,}36}{1{,}82} = 0{,}197 \text{ mm.}$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere în cazul cînd $\alpha = 1$ este: $x_{c\Delta} = 0{,}15 - 0{,}1 = 0{,}05$.

Considerînd $T_\Delta = 0{,}197$, abaterile limită ale dispersiei elementului de închidere vor fi:

$$x_{\Delta max} = x_{c\Delta} + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}05 + 0{,}099 = 0{,}149 \text{ mm;}$$

$$x_{\Delta min} = x_{c\Delta} - \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}05 - 0{,}099 = -0{,}049 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 47^{+0{,}149}_{-0{,}049} \text{ mm.}$$

34. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$25 = 30^{+0{,}1}_{-0{,}2} + 8^{+0{,}1}_{-0{,}2} - (4^{-0{,}1}_{-0{,}2}) - (9^{+0{,}1}_{-0{,}2})$$

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta} \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2}.$$

Considerînd $k = 1$ şi $k_\Delta = 1{,}52$ cînd $R = 5$ (v. tab. 7.1), se obţine:

$$T_\Delta = \frac{1}{1{,}52} \sqrt{0{,}3^2 + 0{,}3^2 + 0{,}1^2 + 0{,}3^2} = \frac{1}{1{,}52} \sqrt{0{,}28} = \frac{0{,}529}{1{,}52} = 0{,}352 \text{ mm.}$$

Calculînd toleranţa elementului de închidere cu expresia:

$$T_\Delta = z\lambda \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2}$$

şi adoptînd $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 4, 5$, $z = 2$, se obţine:

$$T_\Delta = 2 \frac{1}{3} \cdot \sqrt{0{,}28} = \frac{2\,0{,}352}{3} = \frac{0{,}704}{3} = 0{,}234 \text{ mm.}$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere, în cazul cînd $\alpha = 1$, este:

$$x_{c\Delta} = -0{,}05 - 0{,}05 + 0{,}15 + 0{,}05.$$

Se ia $T_\Delta = 0{,}234$ mm, deci:

$$x_{\Delta max} = 0{,}10 + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}10 + 0{,}117 = 0{,}217 \text{ mm};$$

$$x_{\Delta min} = 0{,}10 - \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}10 - 0{,}117 = -0{,}017 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 25^{+0{,}217}_{-0{,}017} \text{ mm}.$$

35. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$32 = 15^{+0{,}1}_{-0{,}1} - (18^{-0{,}1}_{-0{,}3}) - (5^{\ 0}_{-0{,}10}) + 40^{-0{,}15}_{-0{,}25}$$

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta}\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2}.$$

În cazul cînd $k = 1$, iar $R = 0{,}5$ și $k_\Delta = 1{,}06$, rezultă că:

$$T_\Delta = \frac{1}{1{,}06}\sqrt{0{,}2^2 + 0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} = \frac{1}{1{,}06}\sqrt{0{,}10} = \frac{0{,}316}{1{,}06} = 0{,}298 \text{ mm}.$$

Calculînd toleranța elementului de închidere cu expresia:

$$T_\Delta = z\lambda\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2 + T_4^2}$$

și adoptînd: $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 1$ și $z = 2{,}57$, rezultă că:

$$T_\Delta = 2{,}57 \cdot \frac{1}{3}\sqrt{0{,}2^2 + 0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}1^2} = \frac{2{,}57}{3}\,0{,}316 = 2{,}57 \cdot 0{,}105 =$$

$$= 0{,}269 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere, în cazul cînd $\alpha = 1$, este:

$$x_{c\Delta} = 0{,}00 + 0{,}2 + 0{,}05 - 0{,}20 = 0{,}05.$$

Se ia $T_\Delta = 269$ mm, deci:

$$x_{\Delta max} = +0{,}05 + \frac{T_\Delta}{2} = +0{,}05 + 0{,}134 = 0{,}184 \text{ mm}$$

$$x_{\Delta min} = +0{,}05 - 0{,}134 = -0{,}084 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 32^{+0{,}184}_{-0{,}084}.$$

36. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$0 = -(15_{-0{,}2}) - (10^{+0{,}1}) + 25^{+0{,}2}_{-0{,}1}.$$

Să se determine toleranța elementului de închidere cu expresia de calcul:

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta}\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2}\,.$$ Se consideră: $k = 1$.

Dacă $R = 8{,}0$ $k_\Delta = 1{,}71$;

$$T_\Delta = \frac{1}{1{,}71}\sqrt{0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}3^2} = \frac{1}{1{,}71}\sqrt{0{,}14} = \frac{0{,}372}{1{,}71} = 0{,}217 \text{ mm}.$$

Calculînd toleranța elementului de închidere cu expresia:

$$T_\Delta = z\lambda\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + T_3^2}$$

și adoptînd $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 10$; $z = 1{,}65$, rezultă că:

$$T_\Delta = \frac{1{,}65}{3}\sqrt{0{,}14} = \frac{1{,}65 \cdot 0{,}372}{3} = 0{,}204 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere, cînd $\lambda = 0$, este:

$$x_{c\Delta} = +0{,}1 - 0{,}05 + 0{,}05 = +0{,}1.$$

Se consideră că $T_\Delta = 0{,}204$ mm, deci:

$$x_{\Delta max} = 0{,}1 + \frac{T_\Delta}{2} = 0{,}202$$

$$x_{\Delta min} = 0{,}1 - 0{,}102 = -0{,}002$$

$$A_\Delta = 0^{+0{,}204}_{-0{,}002}.$$

37. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_\Delta = 15^{+0{,}2} + 10_{-0{,}1} + 5^{+0{,}1}_{-0{,}15} = 15 + 10 + 5 = 30.$$

Se calculează toleranța elementului de închidere cu expresia de calcul:

$$T_\Delta = \frac{k}{k_\Delta}\sqrt{\Sigma T_i^2}.$$

Considerînd $k = 1$, $R = 3$, $k_\Delta = 1{,}38$ (v. tab. 7.1), se obține:

$$T_\Delta = \frac{1}{1{,}38}\sqrt{0{,}2^2 + 0{,}1^2 + 0{,}25^2} = \frac{1}{1{,}38}\sqrt{0{,}1125} = \frac{0{,}335}{1{,}38} = 0{,}242 \text{ mm}.$$

Calculînd toleranța elementului de închidere cu expresia: $T_\Delta = z\lambda\sqrt{\Sigma T_i^2}$

și luînd $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 32$, $z = 1$, rezultă că:

$$T_\Delta = \frac{0{,}335}{3} = 0{,}111 \text{ mm}.$$

Valoarea centrală a dispersiei elementului de închidere, cînd $\alpha = 0$, este:

$$x_{c\Delta} = 0{,}1 - 0{,}05 - 0{,}025 = 0{,}025.$$

Se consideră că $T_\Delta = 0{,}111$ mm

$$x_{\Delta max} = 0{,}025 + 0{,}055 = 0{,}080 \text{ mm}$$

$$x_{\Delta min} = 0{,}025 - 0{,}055 = -0{,}030 \text{ mm}$$

$$A_\Delta = 30^{+0{,}080}_{-0{,}030}.$$

La determinarea toleranței elementului de închidere prin metoda interschimbabilității parțiale, se observă următoarele:

— adoptarea unui coeficient de risc, în condițiile cunoașterii toleranțelor elementelor componente ale lanțului determină o valoare de utilizare pentru elementul de închidere mai mică decît în cazul interschimbabilității totale.

Metoda interschimbabilității parțiale se utilizează îndeosebi în cazul cînd se cunosc toleranța elementului de închidere și coeficientul de risc adoptat și se determină toleranța medie a elementelor componente ale lanțului de dimensiuni, care capătă o valoare mai mare decît în cazul eliminării coeficientului de risc. Expresiile de calcul în acest caz sînt (9) și (14).

2) *Determinarea toleranței medii a elementelor lanțului de dimensiuni*

38. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$47^{+0{,}149}_{-0{,}049} = 25 + 12 + 10.$$

Calculînd cu expresia de calcul:

a) $$T_{med} = \frac{T_\Delta}{z\lambda\sqrt{n-1}}$$

și adoptînd $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 10$, la care $z = 1{,}65$, rezultă că:

$$T_{med} = \frac{0{,}198}{\frac{1{,}65}{3}\sqrt{3}} = \frac{3 \cdot 0{,}198}{1{,}65\ 1{,}43} = \frac{0{,}594}{2{,}359} = \frac{0{,}594}{2{,}36} = 0{,}251.$$

Calculînd toleranța T_{med} cu expresia de calcul:

b) $$T_{med} = \frac{k_\Delta T_\Delta}{k\sqrt{n-1}}$$

și considerînd $k = 1$, $R = 10$ cînd $k_\Delta = 1{,}82$, rezultă că:

$$T_{med} = \frac{1{,}82 \cdot 0{,}198}{\sqrt{3}} = \frac{1{,}82 \cdot 0{,}198}{1{,}43} = 0{,}244 \text{ mm}.$$

Se consideră $T_{med} = 0{,}244$ mm, în care caz se obține:

$$47^{+0{,}149}_{-0{,}044} = 25^{\pm 0{,}122} + 12^{\pm 0{,}122} + 10^{\pm 0{,}122}$$

Se observă că $T_\Delta < \Sigma T_i$, inegalitate caracteristică metodei.

39. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$25^{+0,217}_{-0,017} = 30 + 8 - 4 - 9$$

a) $T_{med} = \dfrac{T_\Delta}{z\lambda\sqrt{n-1}}$.

În ipoteza că $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 4{,}5$; $z = 2$, rezultă că:

$$T_{med} = \frac{0{,}234}{\frac{2}{3}\sqrt{4}} = \frac{0{,}234\,3}{4} = 0{,}234.\,0{,}75 = 0{,}175 \text{ mm}.$$

b) Calculînd toleranța medie a elementelor componente ale lanțului cu expresia de calcul:

$$T_{med} = \frac{k_\Delta T_\Delta}{k\sqrt{n-1}},$$

știind că $T_\Delta = 0{,}234$ mm și adoptînd $k = 1$, $R = 5$, $k_\Delta = 1{,}52$, rezultă:

$$T_{med} = \frac{1{,}52 \cdot 0{,}234}{2} = 0{,}76 \cdot 0{,}234 = 0{,}178 \text{ mm}.$$

Considerînd $T_{med} = 0{,}178$ mm, se obține:

$$30^{+0,217}_{-0,017} = 35^{\pm 0,089} + 8^{\pm 0,089} - 4^{\pm 0,089} - 9^{\pm 0,089}.$$

Se observă că $T_\Delta < \Sigma T_i$ — inegalitatea caracteristică metodei.

40. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$32^{-0,316}_{-0,584} = 15 - 18 - 5 + 40$$

a) $T_{med} = \dfrac{T_\Delta}{z\lambda\sqrt{n-1}}$. Se adoptă $\lambda = \frac{1}{3}$, $R = 1$ și $z = 2{,}57$. Rezultă că:

$$T_{med} = \frac{0{,}268}{2{,}57 \cdot \frac{1}{3} \cdot 2} = \frac{0{,}268}{1{,}71} = 0{,}156 \text{ mm}.$$

b) $T_{med} = \dfrac{k_\Delta T_\Delta}{k\sqrt{n-1}}$. În cazul cînd $k = 1$, iar $R = 0{,}5$ și $k = 1{,}06$, rezultă că:

$$T_{med} = \frac{1{,}06 \cdot 0{,}268}{2} = \frac{0{,}284}{2} = 0{,}142 \text{ mm}.$$

Considerînd că $T_{med} = 0{,}142$, se obține:

$$32^{-0,316}_{-0,584} = 15^{\pm 0,071} - 18^{\pm 0,071} - 5^{\pm 0,071} + 40^{\pm 0,071}.$$

Se observă că $T_\Delta < \Sigma T_i$

41. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$0^{\pm 0,124} = -15 - 10 + 25$$

a) $T_{med} = \dfrac{T_\Delta}{z\lambda\sqrt{n-1}}$. Considerînd $\lambda = \dfrac{1}{3}$, $R = 10$, $z = 1,65$;

$$T_{med} = \frac{0,248}{1,65 \cdot \frac{1}{3}\sqrt{3}} = \frac{0,248}{\frac{1,65 \cdot 1,73}{3}} = \frac{0,248}{0,55 \cdot 1,73} = \frac{0,248}{0,940} = 0,264 \text{ mm.}$$

b) $T_{med} = \dfrac{k_\Delta T_\Delta}{k\sqrt{n-1}}$. Dacă se adoptă $k = 1$, $R = 10$ cînd $k_\Delta = 1,82$, rezultă:

$$T_{med} = \frac{1,82\ 0,248}{1,73} = 0,264 \text{ mm.}$$

Considerînd $T_{med} = 0,264$ mm, se obține:

$$0^{\pm 0,124} = -15^{\pm 0,132} - 10^{\pm 0,132} + 25^{\pm 0,132}$$

Se observă că $T_\Delta < \Sigma T_i$.

42. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$30^{+0,067}_{-0,042} = 15 + 10 + 5$$

a) $T_{med} = \dfrac{T_\Delta}{z\lambda\sqrt{n-1}}$. Se consideră $\lambda = \dfrac{1}{3}$; $R = 32$, $z = 1$:

$$T_{med} = \frac{0,110}{\frac{1}{3} \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,330}{1,73} = 0,190 \text{ mm} \cdot$$

b) $T_{med} = \dfrac{k_\Delta T_\Delta}{k\sqrt{n-1}}$. Dacă $k = 1$, $R = 3$, $k = 1,38$, se obține:

$$T_{med} = \frac{1,38 \cdot 0,110}{1,73} = 0,087 \text{ mm.}$$

Considerînd că $T_{med} = 0,087$ mm, se obține:

$$30^{+0,067}_{-0,042} = 15^{\pm 0,044} + 10^{\pm 0,044} + 5^{\pm 0,044}.$$

Se observă că $T_\Delta < \Sigma T_i$.

7.4. Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni prin metoda asamblării selective sau a sortării

Principiul metodei constă în următoarele: se majorează toleranțele de execuție ale elementelor lanțului de dimensiuni de un număr întreg de ori; se grupează apoi elementele așa fel încît, în cadrul fiecărei grupe, cîmpul de împrăștiere să fie egal cu toleranța prescrisă; se asamblează elementele din aceeași grupă.

Pentru exemplificarea modului cum se aplică majorarea toleranței unui element și sortarea lui pe grupe se ia cazul unui arbore de diametru D și toleranță T. Majorîndu-se de k ori toleranța și sortînd apoi elementul executat, se obțin următoarele grupe:

grupa I de la D la $D + T$

grupa II de la $D + T$ la $D + 2T$

$\vdots$

grupa k de la $D + (k - 1)T$ la $D + kT$.

În mod analog se procedează cu toate elementele lanțului de dimensiuni, după care asamblarea se face între grupe de același ordin. Pentru a se obține același caracter al îmbinării la toate grupele este necesar, după cum se va constata în cele ce urmează, ca toleranțele elementelor lanțului de dimensiuni să fie egale, iar numărul elementelor celor două ramuri să fie același.

Se prezintă exemplul îmbinării arbore-alezaj, cu joc și cu strîngere (fig. 7.10).

Pentru grupa 1 arbore-alezaj, în cazul îmbinării cu joc, rezultă:

$$J_{med1} = \frac{J_{max1} + J_{min1}}{2}$$

Pentru grupa k: $J_{med\,k} = \frac{J_{max\,k} + J_{min\,k}}{2}$.

Din figura 7.10 se observă că:

$$J_{max\,k} = J_{max1} + (k+1)\,T_{a1} - (k-1)\,T_{ar} = J_{max1} + (k-1)\,(T_{a1} - T_{ar})$$

$$J_{min\,k} = J_{min1} + (k-1)\,T_{a1} - (k-1)\,T_{ar} = J_{min1} + (k-1)\,(T_{a1} - T_{ar})$$

$$J_{med\ k} = \frac{J_{max\,k} + J_{min\,k}}{2} = \frac{J_{max1} + J_{min1}}{2} + (k-1)\,(T_{a1} - T_{ar})$$

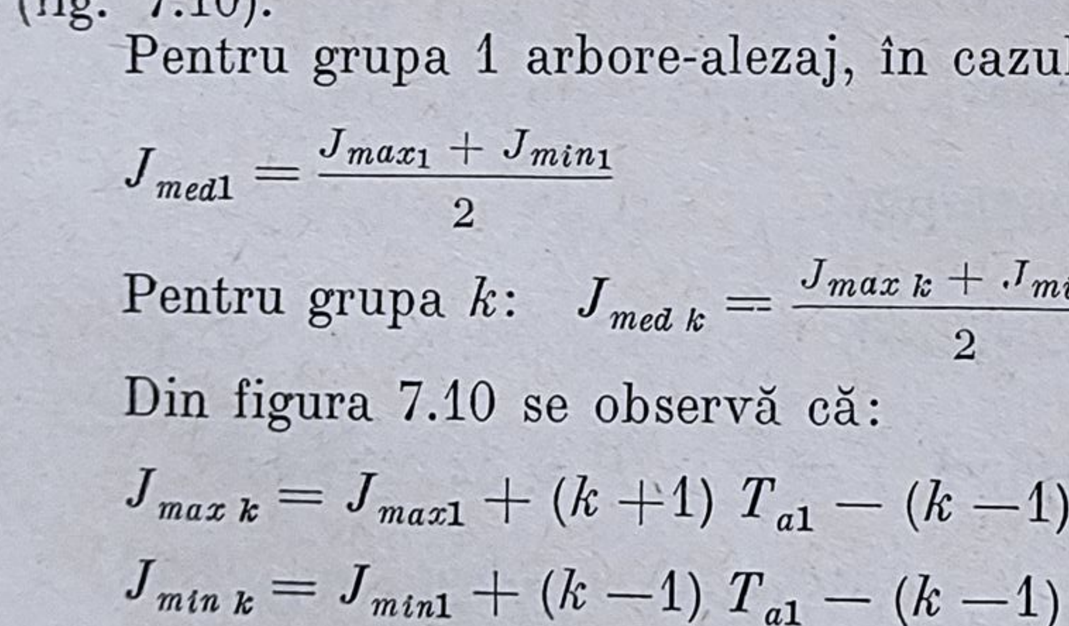


Fig. 7.10

sau

$$J_{med\,k} = J_{med1} + (k-1)\cdot (T_{a1} - T_{ar}).$$

Condiția $J_{med\,k} = J_{med1}$ se realizează cînd $T_{a1} = T_{ar}$.

În mod cu totul analog se determină aceeași condiție și în cazul îmbinării cu strîngere.

În cazul unui lanț de dimensiuni cu un număr de elemente mai mare decît trei, îndeplinirea

condiției de obținere a aceleiași precizii de asamblare constă din utilizarea unei valori comune pentru toleranțele tuturor elementelor lanțului și din egalitatea ce trebuie să existe între numărul elementelor componente ale celor două ramuri ale lanțului de dimensiuni.

Pentru a se putea asambla prin această metodă toate piesele fabricate este necesar de asemenea, ca toate elementele lanțului de dimensiuni să aibă curbe de repartiție identice.

43. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$5 = 15^{+0,1} - (10^{+0,1})$$

$$5^{+0,1}_{-0,1} = (15 - 10)^{+0,1}_{-0,1}.$$

Se observă că sînt îndeplinite condițiile de asamblare selectivă. Majorîndu-se toleranțele elementelor componente de trei ori, rezultă următoarea ecuație a lanțului de dimensiuni:

$$5^{+0,3}_{-0,3} = 15^{+0,3} - (10^{+0,3}).$$

Pentru obținerea aceleiași toleranțe a elementului de închidere elementele lanțului de dimensiuni se împart în următoarele grupe:

grupa I $15^{+0,1} \ldots 10^{+0,1}$

grupa II $15,1^{+0,1} \ldots 10,1^{+0,1}$

grupa III $15,2^{+0,1} \ldots 10,2^{+0,1}$.

Asamblarea se face între elementele aceleiași grupe.

Elementul de închidere are aceeași valoarea nominală și aceeași toleranță pentru toate cele trei grupe: $5^{+0,1}_{-0,1}$.

44. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$10^{+0,06}_{-0,02} = 25^{+0,01}_{-0,01} + 5^{+0,02} - (12_{-0,02}) - (8^{+0,01}_{-0,01}).$$

Se observă că sînt îndeplinite condițiile de asamblare selectivă. Dacă se majorează toleranțele elementelor componente de trei ori, se obține ecuația:

$$10^{+0,18}_{-0,06} = 25^{+0,03}_{-0,03} + 5^{+0,06} - (12_{-0,06}) - (8^{+0,03}_{-0,03}).$$

Pentru menținerea preciziei elementului de închidere se constituie următoarele grupe:

grupa I $25^{+0,01}_{-0,01}$; $5^{+0,02}$; $12_{-0,02}$; $8^{+0,01}_{-0,01}$;

grupa II $25,02^{+0,01}_{-0,01}$; $5,02^{+0,02}$; $12,02_{-0,02}$; $8,02^{+0,01}_{-0,01}$;

grupa III $25,04^{+0,01}_{-0,01}$; $5,04^{+0,02}$; $12,04_{-0,02}$; $8,04^{+0,01}_{-0,01}$.

Elementul de închidere are aceeași valoare nominală și aceeași toleranță pentru toate grupele.

45. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$0^{+0,35}_{0} = 35^{+0,1}_{0} - (30^{-0}_{-0,05}) + 5^{+0,1}_{-0} - (10_{-0,1}^{0}).$$

Pentru rezolvarea acestui lanț de dimensiuni prin metoda selecționării sau sortării este necesar ca toleranțele elementelor celor două ramuri să fie egale. În acest scop se adoptă o toleranță medie pentru toate elementele lanțului de dimensiuni:

$$0^{+0,32}_{0} = 35^{+0,08}_{0} - (30^{-0}_{-0,08}) + 5^{+0,08}_{0} - (10^{-0}_{-0,08}).$$

Se adoptă o majorare a toleranțelor de trei ori, în care caz ecuația lanțului de dimensiuni capătă forma:

$$0^{+0,96}_{0} = 35^{+0,24}_{0} - (30^{0}_{-0,24}) + 5^{+0,24}_{0} - (10^{0}_{-0,24}).$$

Pentru menținerea preciziei elementului de închidere se constituie următoarele grupe:

grupa I $35^{+0,08}_{0}$; $30^{0}_{-0,08}$; $5^{+0,08}_{0}$; $10^{0}_{-0,08}$;

grupa II $35,08^{+0,08}_{0}$; $30,08^{0}_{-0,08}$; $5,08^{+0,08}_{0}$; $10,08^{0}_{-0,08}$;

grupa III $35,16^{+0,08}_{0}$; $30,16^{0}_{-0,08}$; $5,16^{+0,08}_{0}$; $10,16^{0}_{-0,08}$.

Valorile nominale ale elementelor componente se mai pot prezenta și sub o nouă formă, cu condiția ca valoarea nominală a elementului de închidere să rămînă neschimbată:

grupa I $35^{+0,08}_{0}$; $30^{0}_{-0,08}$; $5^{+0,08}_{0}$; $10^{0}_{-0,08}$;

grupa II $35,16^{+0,08}_{0}$; $30,16^{0}_{-0,08}$; $5^{+0,08}_{0}$; $10^{0}_{-0,08}$;

grupa III $35,24^{+0,08}_{0}$; $30,24^{0}_{-0,08}$; $5^{+0,08}_{0}$; $10^{0}_{-0,08}$.

În această situație rezultă pentru elementul de închidere:

grupa I $0^{+0,32}_{0} = 35^{+0,08}_{0} - (30^{0}_{-0,08}) + 5^{+0,08}_{0} - (10^{0}_{-0,08}) =$

$= (35 - 30 + 5 - 10)^{+0,08+0,08+0,08+0,08}$

grupa II $0^{+0,032}_{0} = (35,16 - 30,16 + 5 - 10)^{+0,08+0,08+0,08+0,08}$

grupa III $0^{+0,32}_{0} = (35,24 - 30,24 + 5 - 10)^{+0,08+0,08+0,08+0,08}$.

46. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$32^{\pm 0,284} = 15^{\pm 0,071} - 18^{\pm 0,071} - 5^{\pm 0,071} + 40^{\pm 0,071}$.

Pentru rezolvarea lanțului de dimensiuni prin metoda asamblării selective este necesar ca toleranțele elementelor componente să fie egale, iar numărul elementelor ramurii de bază să fie egal cu al ramurii de întoarcere. Aceste condiții sînt îndeplinite de ecuația lanțului de dimensiuni.

Se adoptă o majorare a toleranțelor de trei ori, în care caz, ecuația lanțului devine:

$$32^{\pm 0,852} = 15^{\pm 0,213} - 18^{\pm 0,213} - 5^{\pm 0,213} + 40^{\pm 0,213}.$$

Pentru menținerea preciziei la toate elementele de închidere se constituie următoarele grupe de asamblare:

grupa I $15^{\pm 0,071}$; $18^{\pm 0,071}$; $5^{\pm 0,071}$; $40^{\pm 0,071}$

grupa II $15,071^{\pm 0,071}$; $18,071^{\pm 0,071}$; $5,071^{\pm 0,071}$; $40,071^{\pm 0,071}$.

grupa III $15,142^{+0,071}$; $18,142^{\pm 0,071}$; $5,142^{\pm 0,071}$; $40,142^{\pm 0,071}$.

Ecuațiile lanțului de dimensiuni pentru cele trei grupe sînt următoarele:

grupa I $32^{\pm 0,284} = 15^{\pm 0,071} - 18^{\pm 0,071} - 5^{\pm 0,071} + 40^{\pm 0,071}$;

grupa II $32^{\pm 0,284} = 15,071^{\pm 0,071} - 18,071^{\pm 0,071} - 5,071^{\pm 0,071} + 40,071^{\pm 0,071}$.

grupa III $32^{\pm 0,284} = 15,142^{\pm 0,071} - 18,142^{\pm 0,071} - 5,142^{\pm 0,071} + 40,142^{\pm 0,071}$.

47. Reluînd exercițiul 31 privind lanțul de dimensiuni al unui angrenaj melc, pentru rezolvarea lui prin metoda asamblării selective, se obțin următoarele calcule:

$$0^{+1,01}_{0} = -14^{\pm 0,1} + 4^{\pm 0,15} + 33^{\pm 0,15} + 16^{+0,5}_{0} + 2_{-0,1}^{0} + 16^{+0,5}_{0} - 10^{\pm 0,15} - (3_{-0,1}^{0}) - 44^{\pm 0,1} - 0,01.$$

Se observă că nu sînt îndeplinite unele condiții de rezolvare a lanțului de dimensiuni prin metoda asamblării selective în sensul că toleranțele elementelor nu sînt egale și nu se realizează relația $T_\Delta = \Sigma T_i$. Din această cauză se determină o toleranță medie pentru toate elementele lanțurilor de dimensiuni și se realizează condiția ca toleranța elementului de închidere să fie egală cu suma toleranțelor elementelor componente ale lanțului.

Efectuînd modificările necesare pentru realizarea condiției de aplicare a metodei asamblării selective, se obține:

$$0^{+0,1}_{0} = -14^{+0,01}_{0} + 4^{+0,01}_{0} + 33^{+0,01}_{0} + 16^{+0,01}_{0} + 2^{+0,01}_{0} + 16^{+0,01}_{0} - 10^{+0,01}_{0} - 3^{+0,01}_{0} - 44^{+0,01}_{0} - 0,01^{+0,01}_{0}.$$

Se majorează toleranțele elementelor componente de două ori, în care situație se obține ecuația:

$$0^{+0,2}_{0} = -14^{+0,02}_{0} + 4^{+0,02}_{0} + 33^{+0,02}_{0} + 16^{+0,02}_{0} + 2^{+0,02}_{0} + 16^{+0,02}_{0} - 10^{+0,02}_{0} - 3^{+0,02}_{0} - 44^{+0,02}_{0} - 0,01^{+0,02}_{0}.$$

Se constituie următoarele grupe pentru menținerea preciziei elementului de închidere:

grupa I $0^{+0,1}_{0} = -14^{+0,01}_{0} + 4^{+0,01}_{0} + 33^{+0,01}_{0} + 16^{+0,01}_{0} + 2^{+0,01}_{0} + 16^{+0,01}_{0} - 10^{+0,01}_{0} - 3^{+0,01}_{0} - 44^{+0,01}_{0} - 0,01^{+0,01}_{0}$

grupa II $0^{+0,1}_{0} = -14,01^{+0,01}_{0} + 4,01^{+0,01}_{0} + 33,01^{+0,01}_{0} + 16,01^{+0,01}_{0} + 2,01^{+0,01}_{0} + 16,01^{+0,01}_{0} - 10,01^{+0,01}_{0} - 3,01^{+0,01}_{0} - 44,01^{0,01}_{0} - 0,02^{+0,01}_{0}$.

7.5. Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni prin metoda reglării

Reglarea se poate efectua în două variante:

— cu compensatori fiși;

— cu compensatori mobili.

Metoda reglării cu compensator fix se aplică atunci cînd toleranțele elementelor componente ale lanțului sînt așezate astfel încît prin mărirea lor rezultă totdeauna o mărire a valorii maxime a elementului de închidere. Această situație se poate realiza printr-o așezare convenabilă a toleranței.

Ecuația lanțului de dimensiuni, în acest caz, este de forma:

$$A_{\Delta max} = [(A_1 + T_1) + \ldots + (A_m + T_m)] - [(A_{m+1} - T_{m+1}) + \ldots + (A_{n-1} - T_{n-1})]$$

$$A_{\Delta min} = [(A_1 + A_2 + \ldots + A_m)] - [(A_{m+1} + A_{m+2} + \ldots + A_{n-1})].$$

În cazul majorării toleranțelor elementelor lanțului, din motive economice, se obține o nouă valoare maximă $A'_{\Delta max}$ a elementului de închidere:

$$A'_{\Delta max} = [A_1 + T'_1) + \ldots + (A_m + T'_m)] - [(A_{m+1} - T'_{m+1}) + \ldots + (A_{n-1} - T'_{n-1})]$$

unde:

$$T'_1 > T_1;\ T'_2 > T_2; \ldots T'_{n-1} > T_{n-1}.$$

Noua toleranță T'_Δ a elementului de închidere va fi:

$$T'_\Delta = A'_{\Delta max} - A'_{\Delta min} = \sum_{i=1}^{n-1} T'_i .$$

Excesul de toleranță $T'_\Delta - T_\Delta = T_k$ se poate înlătura prin folosirea unei piese, denumită compensator fix, care se introduce în lanțul de dimensiuni.

În cazul cînd toleranțele elementelor sînt așezate oricum, toleranța elementului de închidere, după mărirea toleranțelor elementelor componente, poate fi mai mare sau mai mică decît înainte.

Obținerea toleranțelor necesare se face în acest caz prin schimbarea poziției spațiale a unui element al lanțului, denumit compensator mobil și care este o piesă ce poate lua toleranța în exces sau mări toleranța elementului de închidere printr-o rotație sau o deplasare axială.

Reglarea cu compensator fix se execută numai în cazul cînd după mărirea toleranțelor elementelor componente are loc o mărire numai a valorilor maxime a elementului de închidere.

În cazul reglării cu ajutorul compensatorului fix este necesară determinarea numărului de trepte n, care este dat de relația:

$$n = \frac{T'_\Delta - T_\Delta}{T_\Delta}.$$

Treptele compensatorilor fiși sînt de mărimi date de scara aritmetică a valorii T_Δ, adică:

$$T_\Delta;\ 2T_\Delta;\ 3T_\Delta \ldots nT_\Delta.$$

După determinarea mărimii toleranței în exces $T_{\hat{i}}$ se ia compensatorul fix al celei mai apropiate trepte de dimensiuni și se introduce în lanțul de dimensiuni.

Pentru fiecare treaptă a compensatorului se pregătește un număr de elemente compensatoare.

În cazul cînd curba de repartiție dimensională a elementului de închidere la majoritatea toleranțelor componente este de natura curbei Gauss, numărul elementelor compensatoare din fiecare treaptă trebuie să fie proporțional cu suprafața corespunzătoare, limitată de curbă și de două verticale din punctele absciselor care reprezintă treptele învecinate.

În tabelul 7.8 sînt calculate procentele elementelor de compensare corespunzătoare fiecărei trepte, în ipoteza unei curbe de repartiție normală; pentru un număr de trepte cuprins între 1 și 5.

Tabelul 7.8

Mărimile compensatorilor, intervalul de utilizare și procentul elementelor de compensare, cînd numărul treptelor variază între 1 ... 5

Mărimea toleranței elementului de închidere T față de cîmpul de împrăștiere a acestuia după majorarea toleranțelor elementelor lanțului	Numărul treptelor	Mărimile compensatorilor E_c	Intervalul de utilizare din cîmpul de dispersie	Procentul elementului de reglare față de numărul lanțurilor
$T_\Delta = 3s$ (s = abaterea medie pătratică)	1	$E_c = 3s$	$3 \ldots 6s$	50
$T_\Delta = 2s$	2	$E_{c1} = 2 \ldots 4s$	$2 \ldots 4s$	68
		$E_{c2} = 4 \ldots 6s$	$4 \ldots 6s$	16
$T_\Delta = \frac{3}{2}s$	3	$E_{c1} = 3/2s$	$3/2 \ldots 3s$	43,3
		$E_{c2} = 3s$	$3 \ldots 9/2s$	43,3
		$E_{c3} = 9/2s$	$9/2 \ldots 6s$	6,7
$T_\Delta = \frac{6}{5}s$	4	$E_{c1} = 6/5s$	$6/5 \ldots 12/5s$	24
		$E_{c2} = 12/5s$	$12/5 \ldots 18/5s$	45
		$E_{c3} = 18/5s$	$18/5 \ldots 24/5s$	24
		$E_{c4} = 24/5s$	$24/5 \ldots 6s$	3,5
$T_\Delta = s$	5	$E_{c1} = s$	$1 \ldots 2s$	13,75
		$E_{c2} = 2s$	$2 \ldots 3s$	34
		$E_{c3} = 3s$	$3 \ldots 4s$	34
		$E_{c4} = 4s$	$4 \ldots 5s$	13,75
		$E_{c5} = 5s$	$5 \ldots 6s$	2,25

48. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$18^{+0,13} = 10_0^{+0,01} + 15_0^{+0,01} + 20_0^{+0,01} - (12^0_{+0,05}) - (15^0_{-0,05}) = (10 + 15 + 20 - 12 - 15)^{+0,01+0,01+0,01+0,05+0,05}$$

$$T_\Delta = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

$$0,13 = 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,05 + 0,05$$

$A_{\Delta max} = 18,13$ mm; $A_{\Delta min} = 18,00$ mm.

Se majorează toleranțele elementelor componente astfel:

$T_1 = 0,04$; $T_2 = 0,04$; $T_3 = 0,04$; $T_4 = 0,2$; $T_5 = 0,2$

$T' = 0,52$.

$A_{\Delta max} = 18,52$; $A_{\Delta min} = 18,00$ mm.

Valoarea toleranței în exces: $T_k = T'_\Delta - T_\Delta = 0,52 - 0,13 = 0,39$ mm.

Numărul treptelor de compensare: $n = \frac{T'_\Delta - T_\Delta}{T_\Delta} = \frac{0,39}{0,13} = 3$.

Cîmpul de împrăștiere sau amplitudinea variației dimensionale a toleranței elementului de închidere: $W = 4T_\Delta$.

Mărimile dimensionale ale treptelor de reglare:

$E_{c1} = T_\Delta = 0,13$ mm;

$E_{c2} = 2T_\Delta = 0,26$ mm;

$E_{c3} = 3T_\Delta = 0,39$ mm.

Intervalul de utilizare a elementelor de compensare. Cînd toleranța elementului de închidere variază între:

$T_\Delta \dots 2T_\Delta$ (0,13 ... 0,26 mm) se folosește elementul de reglare de 0,13 mm;

$2T_\Delta \dots 3T_\Delta$ (0,26 ... 0,39 mm) se folosește elementul de reglare de 0,26 mm;

$3T_\Delta \dots 4T_\Delta$ (0,39 ... 0,52 mm) se întrebuințează elementul de reglare de 0,39 mm.

Valorile procentuale ale elementelor de compensare din numărul total al lanțurilor de asamblare (tab. 7.8) sînt următoarele:

$E_{c1} = 0,13$ mm reprezintă 43,3%;

$E_{c2} = 0,26$ mm reprezintă 43,3%;

$E_{c3} = 0,39$ mm reprezintă 6,7%.

În ipoteza unui număr de 120 lanțuri de dimensiuni sînt necesare următoarele elemente de compensare:

— pentru $E_{c1} = 0,13$ mm sînt necesare 52 buc.;

— pentru $E_{c2} = 0,26$ mm sînt necesare 52 buc.;

— pentru $E_{c3} = 0,39$ mm sînt necesare 8 buc.

49. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$5^{+0,1}_{-0,2} + 15^{+0,2}_{0} + 10^{-0,1}_{-0,2} = (5 + 15 + 10)^{+0,1+0,2-0,1}_{-0,2+0-0,2} = 35^{+0,2}_{-0,4}$$

$T_\Delta = 0{,}6$ mm

$A_{\Delta max} = 35{,}2$ mm; $A_{\Delta min} = 34{,}6$ mm.

Pentru aplicarea metodei de reglare cu compensator fix este necesar ca la mărirea toleranțelor elementelor componente, valoarea elementului de închidere să aibă permanent o creștere în raport cu valoarea anterioară acestei operații. În cazul unei micșorări a valorii elementului de închidere, reglarea nu se poate face decît cu element de reglare mobil.

Majorînd toleranțele elementelor componente din exemplul prezentat mai înainte, rezultă:

$$5^{+0,5}_{-0,6} + 15^{+0,5}_{+0,1} + 10^{-0,1}_{-0,4} = (5 + 15 + 10)^{+0,5+0,5-0,1}_{-0,6+0,1-0,4} = 35^{\pm 0,9}$$

$T'_\Delta = 1{,}8$ mm;

$A'_{\Delta max} = 35{,}9$ mm; $A'_{\Delta min} = 34{,}1$ mm.

Toleranța în exces ce poate fi înlăturată cu compensator fix are valoarea:

$$A'_{\Delta max} - A_{max} = 35{,}9 - 35{,}2 = 0{,}7 \text{ mm} = T_k.$$

Toleranța în exces dată de diferența valorilor minime ale elementului de închidere $A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = 34{,}6 - 34{,}1 = 0{,}5$ mm se poate înlătura cu compensator mobil.

Numărul treptelor elementelor de compensare pentru compensatori ficși este dat de relația: $\frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{0{,}7}{0{,}6} \cong 1{,}16$.

Valorile dimensionale ale treptelor de compensare: $E_{c1} = T_\Delta = 0{,}6$ mm.

Se adoptă: $E_{c1} = 0{,}7$ mm.

Intervalul de utilizare a elementelor de compensare se determină astfel:

— cînd $A_{\Delta max}$ variază între 35,2 ... 35,9 mm, se folosește elementul de compensare E_{c1};

— cînd $A_{\Delta min}$ variază între 34,6 ... 34,1 mm este necesar să se folosească un element mobil de compensare.

Pentru a rezolva problema numai prin folosirea unor compensatori ficși, se majorează toleranța la aceeași valoare (de la 0,6 la 1,8 mm) acționînd numai asupra valorii maxime a elementului de închidere, adică acesta să treacă de la valoarea $35^{+0,2}_{-0,4}$ la $35^{+1,4}_{-0,4}$.

În acest caz, $T_k = 1{,}8 - 0{,}6 = 1{,}2$ mm.

Numărul treptelor pentru compensatorii ficși se determină ca fiind:

$$n = \frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{1{,}2}{0{,}6} = 2.$$

Valorile compensatorilor sînt: $E_{c1} = 0{,}6$ mm; $E_{c2} = 1{,}2$ mm.

Intervalul de utilizare:

— cînd T'_Δ variază între 0,6 ... 1,2 mm se folosește E_{c1};

— cînd T'_Δ variază între 1,2 ... 1,8 mm se folosește E_{c2}.

Valorile procentuale ale celor două trepte ale compensatorilor determinați sînt:

$E_{c1} = 68\%$; $E_c = 16\%$.

50. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$0^{+0,35}_{0} = 35^{+0,1}_{0} - 30^{+0,05}_{0} + 5^{+0,1}_{0} - 10^{+0,1}$$

$T_\Delta = 0{,}35$ mm.

Majorîndu-se toleranțele elementelor componente, se obține ecuația:

$$35^{+0,6}_{0} - 30^{+0,3}_{0} + 5^{+0,3}_{0} - 10^{+0,3} = 0^{+1,35}_{0}$$

$T'_\Delta = 1{,}35$ mm.

Toleranța în exces are valoarea:

$$T_k = T'_\Delta - T_\Delta = 1{,}35 - 0{,}35 = 1 \text{ mm}.$$

Numărul treptelor elementelor de compensare se determină prin relația:

$$\frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{1{,}00}{0{,}35} \cong 3.$$

Valorile dimensionale ale treptelor de compensare sînt:

$E_{c1} = T_\Delta = 0{,}35$ mm

$E_{c2} = 2T_\Delta = 0{,}70$ mm

$E_{c3} = 3T_\Delta = 1{,}05$ mm.

Intervalele de utilizare a elementelor de compensare se determină astfel:

— cînd T'_Δ variază între 0,35 ... 0,70 mm, se folosește elementul de compensare E_{c1};

— cînd T'_Δ variază între 0,70 ... 1,05 mm, se folosește elementul compensator E_{c2};

— cînd T'_Δ este cuprins între 1,05 ... 1,35 mm, se folosește elementul compensator E_{c3}.

Valorile procentuale ale elementelor de compensare se determină cu ajutorul datelor din tabelul 7.8.

$E_{c1} = 0{,}35$ mm, deci 43,3%;

$E_{c2} = 0{,}70$ mm, deci 43,3%;

$E_{c3} = 1{,}05$ mm, deci 6,7%.

Considerînd că numărul lanțurilor de dimensiuni ce urmează a se asambla este de 150, numărul elementelor de compensare va avea valorile:

— pentru $E_{c1} = 0{,}35$ mm sînt necesare 65 buc.;

— pentru $E_{c2} = 0{,}70$ mm sînt necesare 65 buc.;

— pentru $E_{c3} = 1{,}05$ mm, sînt necesare 10 buc.

51. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$23^{+0,10}_{-0,15} + 12^{+0,15}_{-0,05} - (5^{-0,10}_{-0,25}) - (10^{+0,10}_{-0,15}) = 23^{+0,10}_{-0,15} + 12^{+0,15}_{-0,05} - 5^{+0,25}_{+0,10} - 10^{+0,15}_{-0,10}$$

$$(23 + 12 - 5 - 10)^{+0,10+0,15+0,25+0,15}_{-0,15-0,05+0,10-0,10} = 20^{+0,65}_{-0,20}$$

Toleranța elementului de închidere are valoarea: $T_\Delta = 0,85$ mm.
Valoarea maximă a elementului de închidere: $A_{\Delta max} = 20,65$ mm.
Valoarea minimă a elementului de închidere este:

$$A_{\Delta min} = 19,80 \text{ mm.}$$

Dacă se măresc toleranțele elementelor componente de trei ori, se obține relația:

$$20^{+1,95}_{-0,660} = 23^{+0,3}_{-0,45} + 12^{+0,45}_{-0,15} - (5^{-0,30}_{-0,75}) - (10^{+0,30}_{-0,45}) =$$

$$= (23 + 12 - 5 - 10)^{+0,3+0,45+0,75+0,45}_{-0,45-0,15+0,30-0,30}.$$

Toleranța elementului de închidere are valoarea: $T'_\Delta = 2,55$ mm
Valoarea maximă a elementului de închidere este: $A'_{\Delta max} = 21,95$ mm
Valoarea minimă a elementului de închidere este: $A'_{\Delta min} = 19,40$ mm
Toleranța în exces T_k care poate fi compensată cu compensator fix este dată de diferența valorilor maxime ale elementului de închidere:

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 21,95 - 20,65 = 1,30 \text{ mm.}$$

Toleranța în exces dată de diferența valorilor minime ale elementului de închidere se poate compensa numai prin compensator mobil:

$$A_{\Delta mtn} - A'_{\Delta min} = 19,80 - 19,40 = 0,40 \text{ mm.}$$

Numărul compensatorilor ficși: $n = \frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{1,30}{0,65} = 2.$

Valorile dimensionale ale treptelor de compensare sînt:

$$E_{c1} = T_\Delta = 0,65 \text{ mm;}$$

$$E_{c2} = 2\,T_\Delta = 1,30 \text{ mm.}$$

Intervalele de utilizare a elementelor de compensare se determină astfel:

— cînd T'_Δ variază între 0,65 ... 1,30 mm, se utilizează E_{c1};

— cînd T'_Δ variază între 1,30 ... 1,95 mm, se utilizează E_{c2}.

Valorile procentuale ale elementelor de compensare, după tabelul 7.8 sînt:

— pentru $E_{c1} = 0,65$ mm, deci 68%;

— pentru $E_{c2} = 1,30$ mm, deci 16%.

În ipoteza că sînt 50 de lanțuri de asamblare, rezultă următoarele elemente de compensare:

— pentru $E_{c1} = 0,65$ mm sînt necesare 34 buc.;

— pentru $E_{c2} = 1,30$ mm sînt necesare 8 buc.

Pentru a se rezolva problema în întregime numai prin compensatori ficşi, se procedează la majorarea toleranţelor elementelor componente, acţionînd numai asupra valorilor maxime ale acestora.

52. Reluînd exerciţiul anterior, cu efectuarea majorării toleranţelor elementelor componente, în sensul creşterii numai a valorilor maxime ale acestora, se obţine:

$$20^{+0,65}_{-0,20} = 23^{+0,10}_{-0,15} + 12^{+0,15}_{-0,05} - 5^{+0,25}_{+0,10} - 10^{+0,15}_{-0,10}$$

$$T_\Delta = 0,85 \text{ mm.}$$

Dacă se majorează toleranţele elementelor componente de trei ori, rezultă:

$$23^{+0,60}_{-0,15} + 12^{+0,55}_{-0,05} - 5^{+0,55}_{+0,10} - 10^{+0,65}_{-0,10} = (23 + 12 - 5 - 10)^{+0,60+0,55+0,55+0,65}_{-0,15-0,05+0,10-0,1}$$

$$A_\Delta = 20^{+2,35}_{-0,20}; \quad T'_\Delta = 2,55 \text{ mm.}$$

Toleranţa în exces în acest caz va fi: $T_k = T'_\Delta - T_\Delta = A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 1,70$ mm.

Numărul treptelor elementelor compensatoare:

$$n = \frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{1,70}{0,85} = 2.$$

Valorile dimensionale ale treptelor de compensare sînt:

$$E_{c1} = T_\Delta = 0,85 \text{ mm}$$

$$E_{c2} = 2T_\Delta = 1,70 \text{ mm.}$$

Intervalele de utilizare a elementelor de compensare sînt următoarele:

— cînd T'_Δ variază între 0,85 ... 1,70 mm, se foloseşte elementul compensator E_{c1};

— cînd T'_Δ este cuprins între 1,70 ... 2,55 mm, se utilizează elementu compensator E_{c2}.

Valorile procentuale ale elementelor de compensare:

— pentru $E_{c1} = 0,85$ mm $\rightarrow 68\%$;

— pentru $E_{c2} = 1,70$ mm $\rightarrow 16\%$.

Considerînd că sînt 50 de lanţuri de dimensiuni pentru asamblare, rezultă următoarele valori numerice pentru elementele de compensare:

$E_{c1} \rightarrow 34$ buc.

$E_{c2} \rightarrow 8$ buc.

53. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$-14^{\pm 0,01} + 4^{\pm 0,01} + 33^{\pm 0,01} + 16^{+0,05}_{0} + 2^{0}_{-0,01} + 16^{+0,05}_{0} - 10^{+0,01}_{-0,01} - (3^{0}_{-0,01}) - 44^{\pm 0,01} = (-14 + 4 + 33 + 16 + 2 + 16 - 10 - 3 - 44)^{+0,01+0,01+0,01+0,05+0,05+0,01+0,01+0,01}_{-0,01-0,01-0,01-0,01-0,01-0,01} = 0^{+0,16}_{-0,06}.$$

Rezolvarea prin metoda reglării, în cazul măririi toleranţelor elementelor componente se poate obţine cu folosirea unui comparator mobil, fie cu folosirea unui compensator fix.

În cazul reglării cu compensator fix, majorarea toleranţelor elementelor componente se face numai în direcţia creşterii valorilor maxime ale acestor elemente.

Dacă se măreşte toleranţele elementelor componente de 4 ori, în scopul rezolvării lanţului de dimensiuni prin reglare cu compensatori ficşi, se obţine:

$$-14^{+0,07}_{-0,01} + 4^{+0,07}_{-0,01} + 33^{+0,07}_{-0,01} + 16^{+0,2}_{0} + 2^{+0,03}_{-0,01} + 16^{+0,2} - 10^{+0,07}_{-0,01} - 3^{+0,04}_{0} +$$

$$-44^{+0,07}_{-0,01} = 0^{+0,82}_{-0,06}.$$

Toleranţa în exces este dată de diferenţa valorilor maxime ale elementului de închidere:

$$T_k = 0,82 - 0,16 = 0,66 \text{ mm}.$$

Numărul treptelor elementelor compensatoare: $n = \frac{T_k}{T_\Delta} = \frac{0,66}{0,22} = 3.$

Valorile dimensionale ale treptelor de compensare sînt:

$$E_{c1} = T_\Delta = 0,22 \text{ mm};$$

$$E_{c2} = 2T_\Delta = 0,44 \text{ mm};$$

$$E_{c3} = 3T_\Delta = 0,66 \text{ mm}.$$

Intervalele de utilizare a elementelor de compensare sînt următoarele:

— cînd T_Δ variază de la 0,22 mm la 0,44 mm, se foloseşte $E_{c1} = 0,22$ mm;

— cînd T_Δ variază de la 0,44 mm la 0,66 mm, se foloseşte $E_{c2} = 0,44$ mm;

— cînd T_Δ variază de la 0,66 mm la 0,88 mm, se foloseşte $E_{c3} = 0,66$ mm.

Valorile procentuale ale elementelor de compensare (tab. 7.8) sînt:

$$E_{c1} = 0,22 \text{ mm} \rightarrow 43,3\%;$$

$$E_{c2} = 0,44 \text{ mm} \rightarrow 43,3\%;$$

$$E_{c3} = 0,66 \text{ mm} \rightarrow 6,7\%.$$

Considerînd că numărul lanţurilor ce urmează a se asambla este de 150, numărul elementelor de compensare pentru cele trei trepte va avea valorile:

— pentru $E_{c1} = 0,22$ mm sînt necesare 65 buc.;

— pentru $E_{c2} = 0,44$ mm sînt necesare 65 buc.;

— pentru $E_{c3} = 0,66$ mm sînt necesare 10 buc.

7.6. Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni prin metoda ajustării

Pentru executarea elementelor lanțurilor de dimensiuni în condiții cît mai economice și în cazul acestei metode toleranțele elementelor componente se majorează, ceea ce conduce la o majorare necorespunzătoare a toleranței elementului de închidere, fapt ce se exprimă prin relația:

$$T'_{\Delta} = T'_1 + T'_2 \dots T'_{n-1}$$

$T'_1, T'_2 \dots T'_{n-1}$ sînt toleranțele majorate ale elementelor componente;

T_{Δ} este toleranța majorată a elementului de închidere.

În scopul aducerii toleranței elementului de închidere la valoarea sa admisibilă T_{Δ}, se elimină toleranța în exces $T_k = T'_{\Delta} - T_{\Delta}$, cu ajutorul unui element prestabilit, care se numește elementul compensator. În scopul eliminării toleranței în exces, elementului compensator i se mărește valoarea nominală cu valoarea toleranței în exces. Dacă valoarea nominală inițială a elementului compensator este A_c, în vederea ajustării capătă o nouă valoare nominală:

$$A'_c = A_c + T_k.$$

Determinarea toleranței în exces se obține din relațiile următoare:

$$T'_{\Delta} = A'_{\Delta max} - A'_{\Delta min}$$

$$T_{\Delta} = A_{\Delta max} - A_{\Delta min}$$

$$T_k = T'_{\Delta} - T_{\Delta} = A'_{\Delta max} - A'_{\Delta min} - (A_{\Delta max} - A_{\Delta min}),$$

sau $T_k = A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} - A_{\Delta min} - A'_{\Delta min}$.

Mărirea valorii nominale a elementului de închidere cu întreaga valoare a toleranței în exces nu este totdeauna absolut necesară. Din această cauză, determinarea valorii nominale a elementului de compensare se face prin metoda valorilor limită a elementului de închidere.

Cazurile de rezolvare a lanțului de dimensiuni prin această metodă, care relevă necesitatea aplicării metodei valorilor limită ale elementului de închidere sînt expuse în cele ce urmează.

Cazul I. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$A_{\Delta} = (A_1 + A_2 + \dots + A_m) - (A_{m+1} + \dots + A_{n-1}).$$

1) Cînd elementul de compensare se ia din ramura de închidere, adică unul din elementele $A_{m+1} \dots A_{n-1}$, se pot deosebi situațiile:

$A'_{\Delta min} < A_{\Delta min}$ — diferența $A_{min} - A'_{min}$ se scoate din elementul de compensare fără nici o modificare a valorii nominale inițiale a acestuia;

$A'_{max} > A_{max}$ — este necesar să se majoreze valoarea nominală a elementului de compensare cu diferența acestor mărimi pentru obținerea preciziei elementului de închidere în limite admisibile.

Valoarea nominală a elementului compensator va deveni în acest caz:

$$A'_c = A_c + (A'_{\Delta max} - A_{\Delta max}).$$

2) Cînd elementul de compensare A_c se ia din ramura de bază $(A_1, A_2, \ldots A_m)$, se pot deosebi situațiile:

$A'_{\Delta max} > A_{\Delta max}$, în care caz diferența $A'_{\Delta max} - A_{\Delta max}$ se scoate de pe elementul compensator fără majorarea valorii nominale a acestuia;

$A'_{\Delta min} < A_{\Delta min}$, cînd elementul compensator trebuie să fie majorat cu diferența acestor mărimi;

$$A'_c = A_c + (A_{\Delta min} - A'_{\Delta min}).$$

Toleranța în exces se scoate de pe elementul compensator printr-o operație mecanică (strunjire, rectificare, pilire etc.).

După modul de amplasare a toleranțelor la elementele lanțului de dimensiuni și după poziția elementului de compensare, se determină noua valoare nominală a acesteia în vederea creării posibilităților de ajustare.

Se disting următoarele cazuri (fig. 7.11):

a) $A_{\Delta max} = A_\Delta + T_{A_1} + T_{A_2}$;

$A'_{\Delta max} = A_\Delta + T_{A_1} + \Delta T_{A_1} + T_{A_2} + \Delta T_{A_2}$;

$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = \Delta T_{A_1} + \Delta T_{A_2}$.

$A_{\Delta min} = A'_{\Delta min}$.

Dacă elementul de compensare este A_1, nu este nevoie de o majorare a valorii nominale, reducerea elementului de închidere efectuîndu-se prin îndepărtarea directă a surplusului dimensional.

Cînd elementul de compensare este A_2, atunci noua sa valoare nominală este:

$$A'_2 = A_2 + \Delta T_{A_1} + \Delta T_{A_2}:$$

b) $A'_{\Delta max} = A_{\Delta max}$ (fig. 7.12);

$A_{\Delta min} = A_\Delta - T_{A_1} - T_{A_2}$;

$A'_{\Delta min} = A_\Delta - T_{A_1} - \Delta T_{A_1} - T_{A_2} - \Delta T_{A_2}$;

$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = \Delta T_{A_1} - \Delta T_{A_2}$.

Cînd elementul de compensare este A_2, noua valoare nominală rămîne aceeași, mărirea valorii minime a elementului de închidere se face prin ajustarea directă a elementului de compensare.

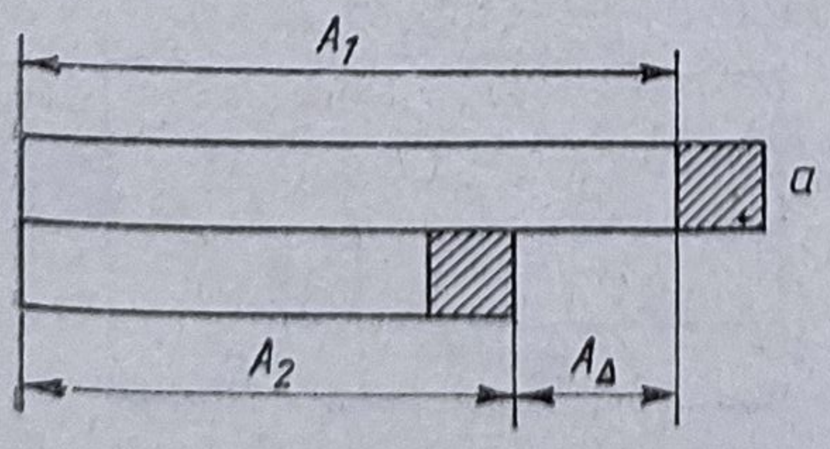


Fig. 7.11

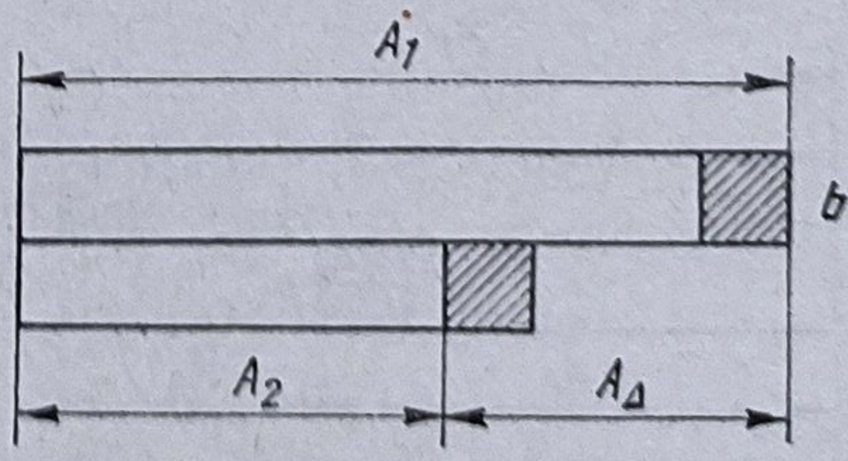


Fig. 7.12

Dacă elementul de compensare este A_1, pentru mărirea valorii minime a elementului de închidere se obține o nouă valoare nominală:

$$A_1' = A_1 + \Delta T_{A_1} + \Delta T_{A_2}$$

c) Valorile maxime ale elementului de închidere:

$$A_{\Delta max} = A_1 - A_2 + T_{A_2} \text{ (fig. 7.13)}$$

$$A'_{max} = A_1 - A_2 + T_{A_2} + \Delta T_{A_2}$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = \Delta T_{A_2}.$$

Dacă elementul de compensare este A_1, pentru reducerea cu T_{A_2} a elementului de închidere nu este necesară majorarea valorii sale nominale, această reducere efectuîndu-se direct prin ajustarea elementului de compensare.

Dacă elementul de compensare este A_2, atunci valoarea nominală majorată în scopul reducerii elementului de închidere va fi:

$$A_2' = A_2 + \Delta T_{A_2}$$

Valorile minime ale elementului de închidere vor fi:

$$A_{min} = A_1 - T_{A_1} - A_2$$

$$A'_{\Delta min} = A_1 - T_{A_1} - \Delta T_{A_1} - A_2$$

$$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = \Delta T_{A_1}.$$

Dacă elementul de compensare este A_2, atunci mărirea valorii elementului de închidere se face prin ajustarea directă fără majorare a valorii nominale a elementului.

Dacă elementul de compensare este A_1, atunci valoarea nominală se va majora cu $\Delta\ T_{A_1}$, deci: $A_1' = A_1 + \Delta T_{A_1}$.

d) $A_{\Delta max} = A_1 + T_{A_1} - A_2$ (fig. 7.14)

$$A'_{\Delta max} = A_1 + T_{A_1} + \Delta T_{A_1} - A_2$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = \Delta T_{A_1}.$$

Dacă elementul de compensare este A_1, reducereà valorii elementului de închidere se face prin ajustare directă, fără majorarea valorii nominale a acestui element de compensare.

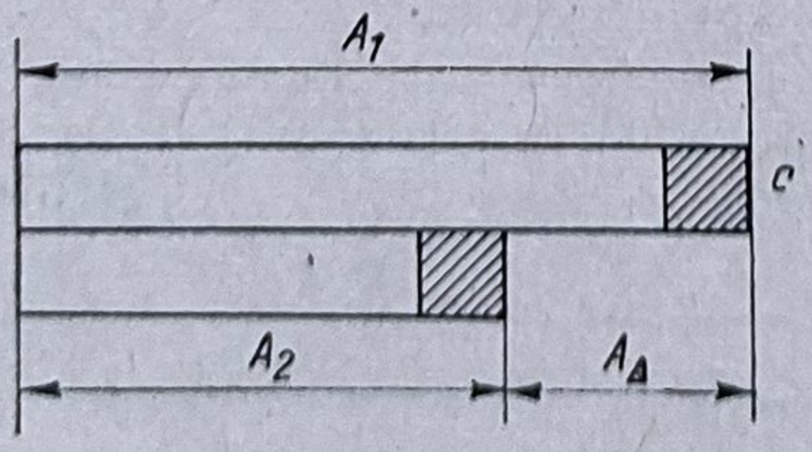


Fig. 7.13

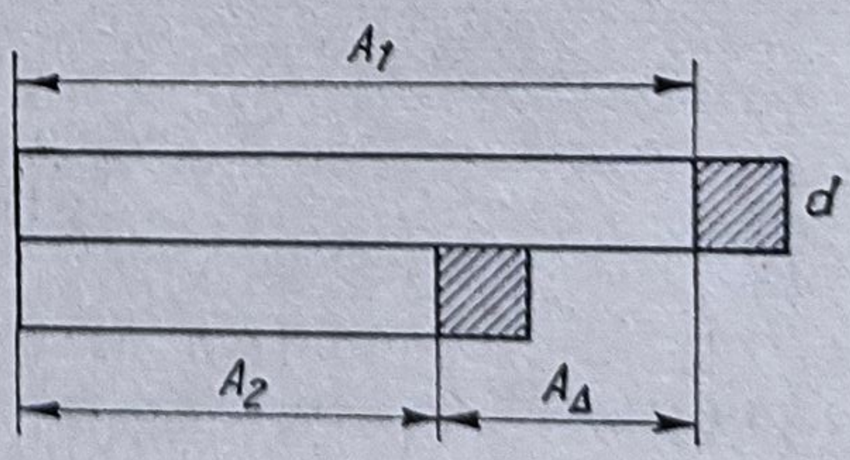


Fig. 7.14

În cazul cînd elementul de compensare este A_2, reducerea elementului de închidere se face prin majorarea elementului compensator, astfel încît noua sa valoare nominală va fi:

$$A_2 = A_2 + \Delta T_{A_1}$$

Valorile minime ale elementului de închidere vor fi:

$$A_{\Delta min} = A_1 - A_2 - T_{A_2}$$

$$A'_{\Delta min} = A'_1 - A_2 - T_{A_2} - \Delta T_{A_2}$$

$$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = \Delta T_{A_2}.$$

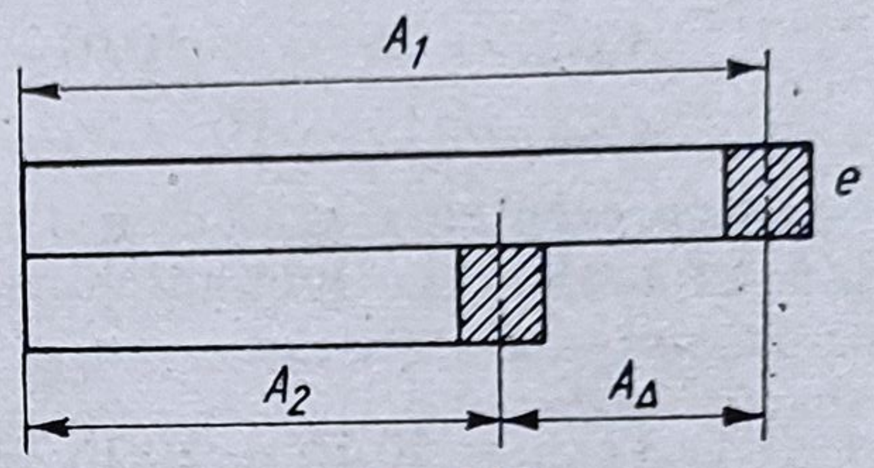


Fig. 7.15

Cînd elementul de compensare este A_2, mărirea valorii elementului de închidere se face prin ajustarea directă a acestui element.

Dacă elementul de compensare este A_1, posibilitatea măririi valorii elementului de închidere se asigură prin majorarea valorii nominale a acestui element astfel încît

$$A'_1 = A_1 + \Delta T_{A_2}$$

e) $$A_{\Delta max} = A_1 + \frac{T_{A_1}}{2} - \left(A_2 - \frac{T_{A_2}}{2}\right)$$ (fig. 7.15)

$$A'_{\Delta max} = A_1 + \frac{T_{A_1}}{2} + \frac{\Delta T_{A_1}}{2} - \left(A_2 - \frac{T_{A_2}}{2} - \frac{\Delta T_{A_2}}{2}\right)$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = \frac{\Delta T_{A_1}}{2} + \frac{\Delta T_{A_2}}{2}.$$

Cînd elementul de compensare este A_1, reducerea valorii elementului de închidere se face prin ajustare directă, fără majorarea valorii nominale a elementului de compensare.

Dacă elementul de compensare este A_2, valoarea nominală a acestuia se majorează, obținîndu-se:

$$A'_2 = A_2 + \frac{\Delta T_{A_1}}{2} + \frac{\Delta T_{A_2}}{2}.$$

Valorile minime ale elementului de închidere vor fi:

$$A_{\Delta min} = A_1 - \frac{T_{A_1}}{2} - \left(A_2 + \frac{T_{A_2}}{2}\right)$$

$$A'_{\Delta min} = A_1 - \frac{T_{A_1}}{2} - \frac{\Delta T_{A_1}}{2} - \left(A_2 + \frac{T_{A_2}}{2} + \frac{\Delta T_{A_2}}{2}\right)$$

$$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = \frac{\Delta T_{A_1}}{2} + \frac{\Delta T_{A_2}}{2}.$$

Cînd elementul de compensare este A_2, mărirea elementului de închidere se face direct asupra acestui element, fără majorarea valorii lui nominale.

Dacă elementul de compensare este A_1, noua valoare nominală majorată va fi:

$$A_1' = A_1 + \frac{\Delta T_{A_1}}{2} + \frac{\Delta T_{A_2}}{2}.$$

54. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$15_0^{+0,05} + 10_0^{+0,01} - (5_{-0,01}^{0}) - (20_{-0,01}^{0}) = A_\Delta$$

$$A_{\Delta max} = 15,05 + 10,01 - 4,99 - 19,99 = 0,08 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 15 - 10 - 5 - 20 = 0.$$

Reprezentarea grafică a lanțului este de forma din figura 7.16.
Se majorează toleranțele elementelor componente ale lanțului astfel:

$$15_0^{+0,15} + 10^{+0,15} - (5_{-0,3}^{0}) - (20_{-0,5}^{0}) = A'_\Delta$$

$$A'_{\Delta max} = 15,15 + 10,15 - 4,70 - 19,5 = 1,1 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 15 + 10 - 5 - 20 = 0 \text{ mm}.$$

$$T_k = A'_{\Delta max} - A_{max} = 1,1 - 0,08 = 1,02 \text{ mm}.$$

Dacă se ia A_1 ca element compensator, reducerea elementului de închidere de la $A'_{\Delta max} = 1,1$ mm la $A_{\Delta max} = 0,08$ mm se face prin îndepărtarea surplusului de material de 1,02 mm prin prelucrare mecanică fără schimbarea valorii sale nominale inițiale.

Din ramura de bază A_1 fac parte elementele $15_0^{+0,15}$ și $10_0^{+0,15}$. Unul din aceste elemente poate fi luat ca element de compensare. În cazul cînd se ia elementul $15_0^{+0,15}$, dimensiunea acestuia variază cu toleranța în exces, care este cuprinsă între 0 și 1,02 mm.

În concluzie, dimensiunea elementului de compensare poate fi cuprinsă între 15,15 și 14,13 mm, după valoarea toleranțelor în exces care variază între 0 și 1,02 mm.

Dacă elementul de compensare se ia în ramura de întoarcere a lanțului de dimensiuni, și anume elementul $20_{-0,01}^{0}$ mm, pentru reducerea elementului de închidere, valoarea nominală a acestui element se majorează cu toleranța în exces.

$$A_c' = A_c + T_k = 20 + 1,02 = 21,02 \text{ mm}$$

55. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$18_{-0,01}^{0} + 15_{-0,05}^{0} - (16_{0}^{+0,01}) - (15_{0}^{+0,02}) = A_\Delta$$

$$A_{\Delta max} = 18 + 15 - 16 - 15 = 2 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} = 17,99 + 14,95 - 16,01 - 15,02 = 1,91 \text{ mm}.$$

Reprezentarea grafică a lanțului este de forma din figura 7.17.

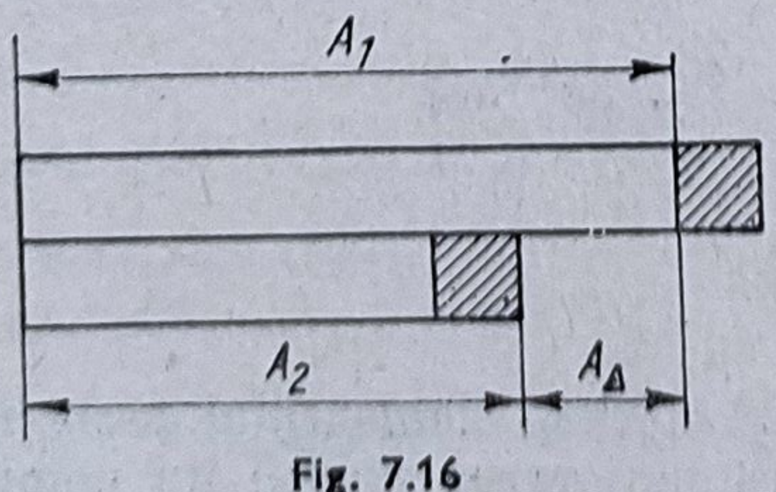


Fig. 7.16

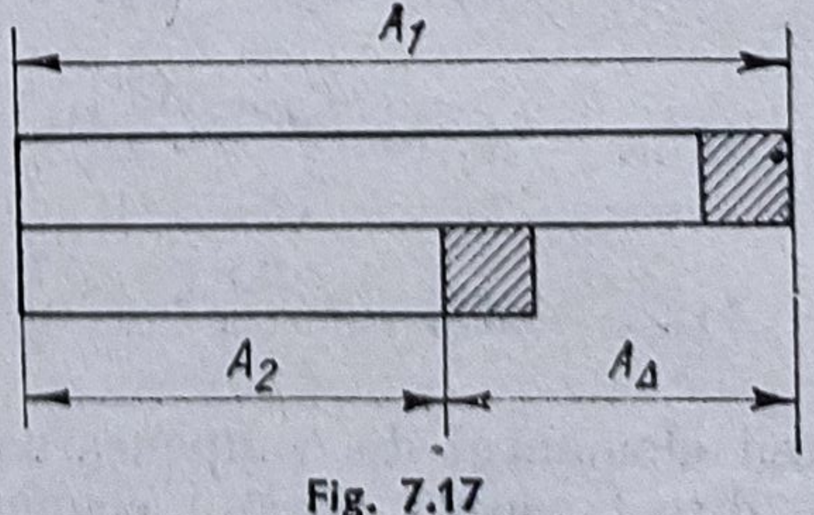


Fig. 7.17

Se majorează toleranțele elementelor componente de patru ori. Ecuația lanțului de dimensiuni se prezintă sub forma:

$$18_{-0,04}^{0} + 15_{-0,20}^{0} - (16_{0}^{+0,04}) - (15_{0}^{+0,08}) = 2_{-0,36}^{0}$$

$$A'_{\Delta max} = 2 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta min} = 1,64 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta max} = A_{\Delta max}$$

$$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = 1,91 - 1,64 = 0,27 \text{ mm}.$$

Se adoptă ca element de compensare un element din ramura de întoarcere A_2. Pentru mărirea valorii minime a elementului de închidere nu este necesară majorarea valorii sale nominale, deoarece prin prelucrarea mecanică se poate obține direct îndepărtarea toleranței în exces de 0,27 mm.

Dacă se adoptă ca element de compensare un element din ramura de bază, fie de exemplu 15, valoarea nominală a acestuia se majorează cu toleranța în exces, 0,27 mm, obținîndu-se astfel:

$$A'_c = 15 + 0,27 = 15,27 \text{ mm}.$$

56. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$35_{-0,002}^{0} + 58_{-0,002}^{0} + 120_{-0,004}^{0} - (213_{-0,012}^{0}) = 213_{-0,008}^{0} - (213_{-0,012}^{0}) = A_{\Delta}$$

$$A_{\Delta max} = 213 - 212,988 = 0,012 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 212,992 - 213 = -0,008 \text{ mm}.$$

Reprezentarea grafică a lanțului de dimensiuni este de forma din figura 7.18.

Efectuînd majorarea toleranțelor elementelor componente de trei ori, se obține următoarea ecuație a lanțului de dimensiuni:

$$35_{-0,006}^{0} + 58_{-0,006}^{0} + 120_{-0,012}^{0} - (213_{-0,036}^{0}) = A'_{\Delta}$$

$$A'_{\Delta max} = 213 - (213_{-0,036}^{0}) = 213 - 219,964 = 0,036 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta min} = 34,994 + 57,994 + 120,988 - 213 = -0,024 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 0,036 - 0,012 = 0,024 \text{ mm};$$

$$A'_{\Delta min} - A_{\Delta min} = -0,024 - (-0,008) = -0,016 \text{ mm}.$$

Dacă se alege compensatorul din ramura de bază și anume: $A_c = 120$ mm, reducerea valorii maxime a elementului de închidere cu valoarea 0,024 mm se face pe socoteala acestui element fără a i se majora valoarea nominală.

Pentru reducerea valorii minime a elementului de închidere de la 0,024 la 0,08 mm.

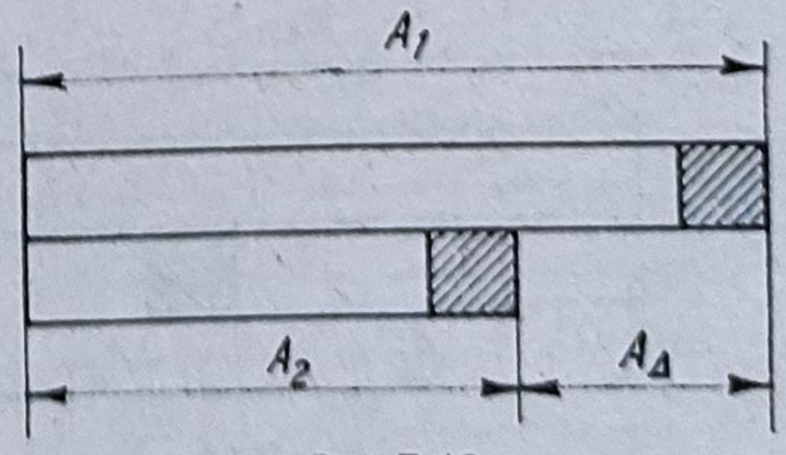


Fig. 7.18

pe seama unui element al ramurii de bază $A_c = 120$ mm, se ajustează elementul de compensare.

Dacă se alege ca element de compensare A_2 se întîlnesc următoarele situații:

— pentru reducerea valorii maxime a elementului de închidere cu mărimea 0,024 mm, valoarea nominală a elementului de compensare se va majora astfel:

$$A'_{c2} = A_c + \Delta T_{A_1} = 213 + 0{,}024 = 213{,}024 \text{ mm};$$

— pentru reducerea valorii minime a elementului de închidere pe seama elementului A_2 se majorează valoarea nominală:

$$A'_{c2} = 213 + 0{,}010 = 213{,}010 \text{ mm}.$$

57. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$12^{+0{,}005}_{0} + 18^{+0{,}005}_{0} + 10^{+0{,}001}_{0} - (35^{+0{,}005}_{0}) = A_\Delta$$

$$A_{\Delta max} = 12{,}005 + 18{,}005 + 10{,}001 - 35 = 5{,}011 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 12 + 18 + 10 - 35{,}005 = 4{,}995 \text{ mm}.$$

Reprezentarea grafică a lanțului este de forma din figura 7.19.

Dacă se majorează toleranțele elementelor componente, din motive economice, de patru ori, se obține:

$$12^{+0{,}020}_{0} + 18^{+0{,}020}_{0} + 10^{+0{,}004}_{0} - (35^{+0{,}020}_{0}) = A'_\Delta$$

$$A'_{\Delta max} = 12{,}020 + 18{,}020 + 10{,}004 - 35 = 5{,}044 \text{ mm};$$

$$A'_{\Delta min} = 12 + 18 + 10 - 35{,}020 = 4{,}98 \text{ mm}.$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 5{,}044 - 5{,}011 = 0{,}033 \text{ mm}$$

$$A_{\Delta min} - A'_{\Delta min} = 4{,}995 - 4{,}980 = 0{,}015 \text{ mm}.$$

Pentru reducerea valorii maxime a elementului de închidere de la 5,044 la 5,011 mm se acționează direct asupra elementului de compensare dacă acesta este din ramura de bază, fie de exemplu 10.

Pentru mărirea valorii minime a elementului de închidere de la 4,98 la 4,995, se majorează valoarea nominală a elementului de închidere din ramura de bază, obținîndu-se:

$$A'_c = A + 0{,}015 = 10 + 0{,}015 = 10{,}015 \text{ mm}.$$

58. Se consideră lanțul de dimensiuni:

$$15^{\pm 0{,}002} + 12^{\pm 0{,}002} - 8^{\pm 0{,}002} - 19^{\pm 0{,}001} = A_\Delta$$

$$A_{\Delta max} = 15{,}002 + 12{,}002 - 7{,}998 - 18{,}999 = + 0{,}007 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 14{,}998 + 11{,}998 - 8{,}002 - 19{,}001 = - 0{,}007 \text{ mm}.$$

Reprezentarea grafică a lanțului este de forma din figura 7.20.

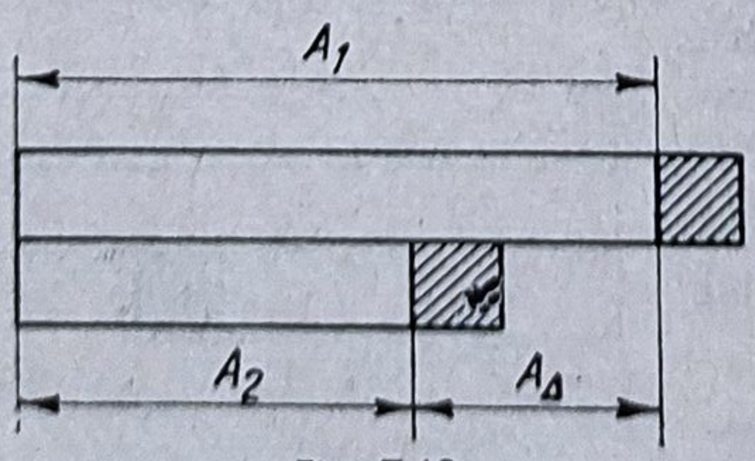


Fig. 7.19

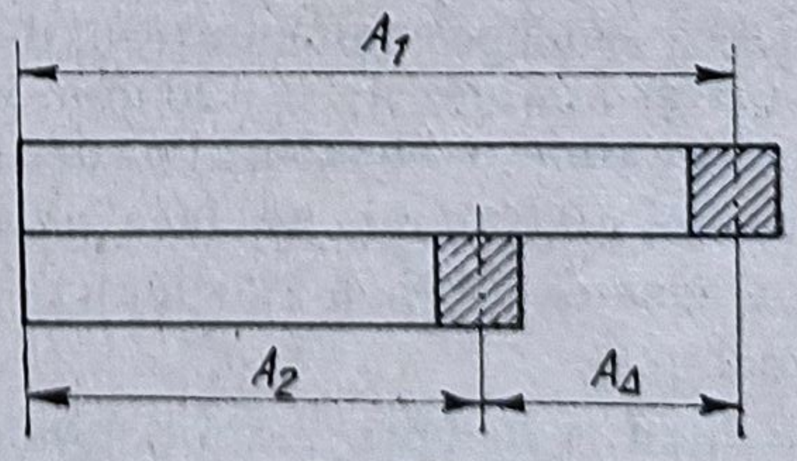


Fig. 7.20

Se majorează toleranţele elementelor componente de patru ori obţinîndu-se următoarea ecuaţie a lanţului de dimensiuni:

$$15^{\pm 0,008} + 12^{\pm 0,008} - 8^{\pm 0,008} - 19^{\pm 0,004} = A'_{\Delta}$$

$$A'_{\Delta max} = 15,008 + 12,008 - 7,992 - 19,996 = 0,028 \text{ mm};$$

$$A'_{\Delta min} = 14,992 + 11,992 - 8,008 - 19,004 = -0,028 \text{ mm}.$$

Dacă se alege elementul de compensare din ramura de bază, fie 12. Pentru reducerea valorii maxime şi minime a elementului de închidere, se acţionează direct asupra elementului de compensare fără mărirea valorii sale nominale.

Dacă se alege ca element de compensare un element din ramura de întoarcere şi anume elementul 19.

Pentru reducerea valorii maxime şi minime a elementului de închidere se majorează valoarea nominală a elementului de compensare astfel:

$$A'_c = A_c + 0,021 = 19,021 \text{ mm}.$$

59. Se consideră lanţul de dimensiuni:

$$25^{+0,001}_{-0,003} + 15^{+0,005}_{-0,002} + 5^{\pm 0,005} - 45^{+0,002}_{-0,004} = A_{\Delta}$$

$$A_{\Delta max} = 25,001 + 15,005 + 5,005 - 44,996 = 0,015 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 24,997 + 14,998 + 4,995 - 45,002 = -0,012 \text{ mm}.$$

Reprezentarea grafică a lanţului de dimensiuni este de forma din figura 7.21.

Se majorează toleranţele elementelor componente, astfel încît ecuaţia lanţului de dimensiuni se prezintă sub forma:

$$25^{+0,004}_{-0,006} + 15^{+0,010}_{-0,008} + 5^{\pm 0,010} - 45^{+0,008}_{-0,012} = A'_{\Delta}$$

$$A'_{\Delta max} = 25,004 + 15,010 + 5,010 - 44,998 = 0,036 \text{ mm};$$

$$A'_{\Delta min} = 24,996 + 14,992 + 4,90 - 45,008 = -0,030 \text{ mm}.$$

Se consideră ca element de compensare elementul 5 din ramura de bază a lanţului de dimensiuni:

— pentru reducerea valorii maxime a elementului de închidere cu valoarea $A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 0,036 - 0,015 = 0,021$ mm nu este necesară mărirea valorii nominale a acestui compensator, îndepărtarea surplusului dimensional efectuîndu-se direct din acest element.

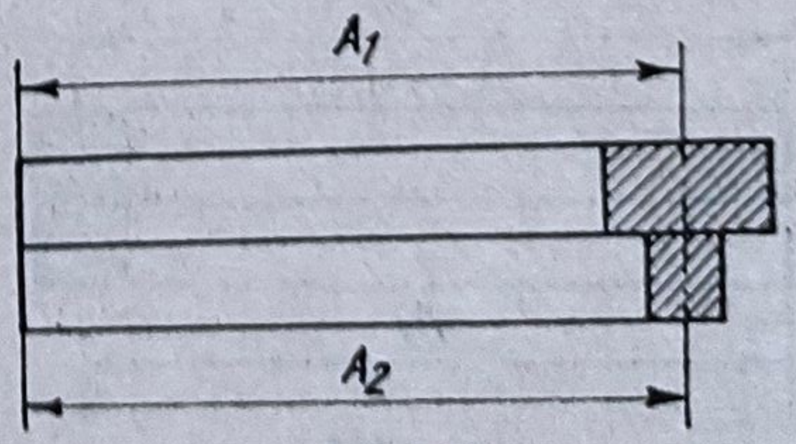


Fig. 7.21

— pentru reducerea valorii minime a elementului de închidere de la $A_{\Delta min} = 0{,}030$ mm la $A_{\Delta min} = 0{,}012$ mm se ajustează direct elementul de compensare.

Cînd se alege elementul compensator din ramura de întoarcere se obțin rezultatele următoare:

— reducerea valorii maxime a elementului de închidere la cea admisibilă se face prin majorarea valorilor nominale ale compensatorului;

$$A'_c = A_c + (A'_{\Delta max} - A_{\Delta max}) = 45 + 0{,}021 = 45{,}021 \text{ mm}$$

— reducerea valorii minime a elementului de închidere de la 0,030 mm la 0,012 mm se face prin majorarea valorii nominale a compensatorului:

$$45 + 0{,}018 = 45{,}018 \text{ mm}.$$

60. Reluînd lanțul de dimensiuni de la exercițiul 31 al unui angrenaj melc pentru a-l rezolva prin metoda ajustării se procedează după cum urmează:

$$A_\Delta = A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 - A_1 - A_7 - A_8 - A_9$$

$$A_\Delta = 4^{\pm 0{,}15} + 35^{\pm 0{,}15} + 16^{\pm 0{,}5} + 2_{-0{,}1} + 16^{+0{,}5}_{0} - 14^{\pm 0{,}10} - 10^{\pm 0{,}15} -$$

$$- 3^{0}_{-0{,}10} - 44^{\pm 0{,}10}.$$

$$A_{\Delta max} = 4{,}15 + 33{,}15 + 16{,}5 + 2 + 16{,}5 - 13{,}9 - 10{,}85 - 2{,}9 - 43{,}9 =$$

$$= + 0{,}75 \text{ mm};$$

$$A_{\Delta min} = 3{,}85 + 32{,}85 + 16 + 1{,}9 + 16 - 14{,}1 - 10{,}15 - 3 - 44{,}01 =$$

$$= - 0{,}75 \text{ mm}.$$

Se majorează toleranțele elementelor componente, pentru o prelucrare mai ușoară, ecuația lanțului de dimensiuni fiind următoarea:

$$A'_\Delta = 4^{\pm 0{,}3} + 33^{\pm 0{,}3} + 16^{\pm 0{,}75} + 2^{0}_{-0{,}5} + 16^{\pm 0{,}6} - 14^{\pm 0{,}3} - 10^{\pm 0{,}3} - 3^{0}_{-0{,}4} - 44^{\pm 0{,}3}$$

$$A'_{\Delta max} = 4{,}3 + 33{,}3 + 16{,}75 + 2 + 16{,}6 - 13{,}7 - 9{,}7 - 2{,}6 - 43{,}7 = + 3{,}25 \text{ mm};$$

$$A'_{\Delta min} = 3{,}7 + 32{,}7 + 15{,}25 + 1{,}5 + 15{,}4 - 14{,}3 - 10{,}3 - 3 - 44{,}3 = - 3{,}35 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta max} - A_{\Delta max} = 3{,}25 - 0{,}75 = 2{,}50 \text{ mm}$$

$$A'_{\Delta min} - A_{\Delta min} = - 3{,}35 - (-75) = - 2{,}60 \text{ mm}.$$

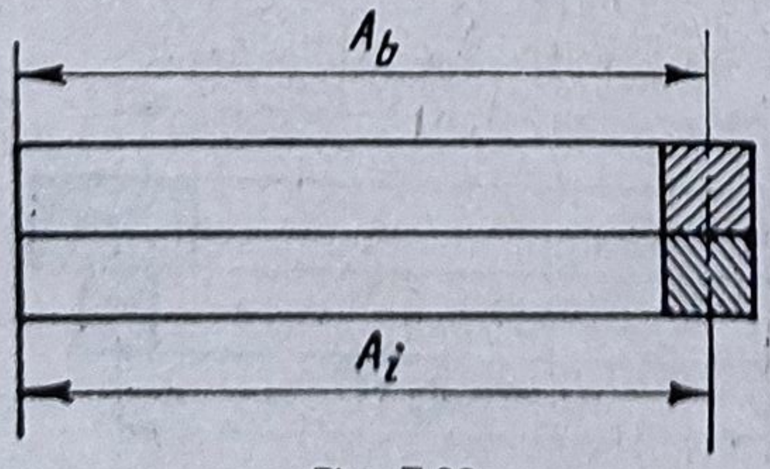


Fig. 7.22

Reprezentarea grafică a lanțului de dimensiuni, notînd A_b — ramura de bază și A_i — ramura de întoarcere, este de forma din figura 7.22.

Alegînd elementul de compensare din ramura de bază, $A_6 = 16$ se obține:

— pentru reducerea valorii maxime a elementului de închidere elementul de compensare rămîne cu aceeași valoare nominală;

— pentru aducerea valorii minime a elementului de închidere la valoarea admisibilă, valoare nominală a elementului de compensare va rămîne aceeaşi.

Dacă se alege ca element de compensare A_9, din ramura de întoarcere a lanţului de dimensiuni, atunci reducerea valorii maxime a elementului de închidere se va putea obţine prin majorarea valorii nominale a compensatorului de la 44 mm la 46,5 mm, iar valoarea minimă iniţială a elementului de închidere se va obţine prin majorarea valorii nominale a compensatorului de la 44 mm la 46,60 mm.

CAPITOLUL 8.

PROGRAMAREA NUMERICĂ PE MAȘINI-UNELTE

8.1. Introducere

Prelucrarea pe mașini-unelte cu comandă program poate fi:
— de poziționare sau punct cu punct;
— liniară;
— de conturare.

a) *Prelucrarea punct cu punct* se execută folosindu-se o comandă de poziționare exemplificată în figura 8.1.

Scula așchietoare, pornind din punctul A, trebuie să ajungă în punctul B, definit de coordonatele $X + 28$; $Y + 38$. Deplasarea sculei din A în B se poate efectua pe una din traiectoriile:

$$A\ C_1,\ B\ A\ C_2\ B \text{ sau } ADB.$$

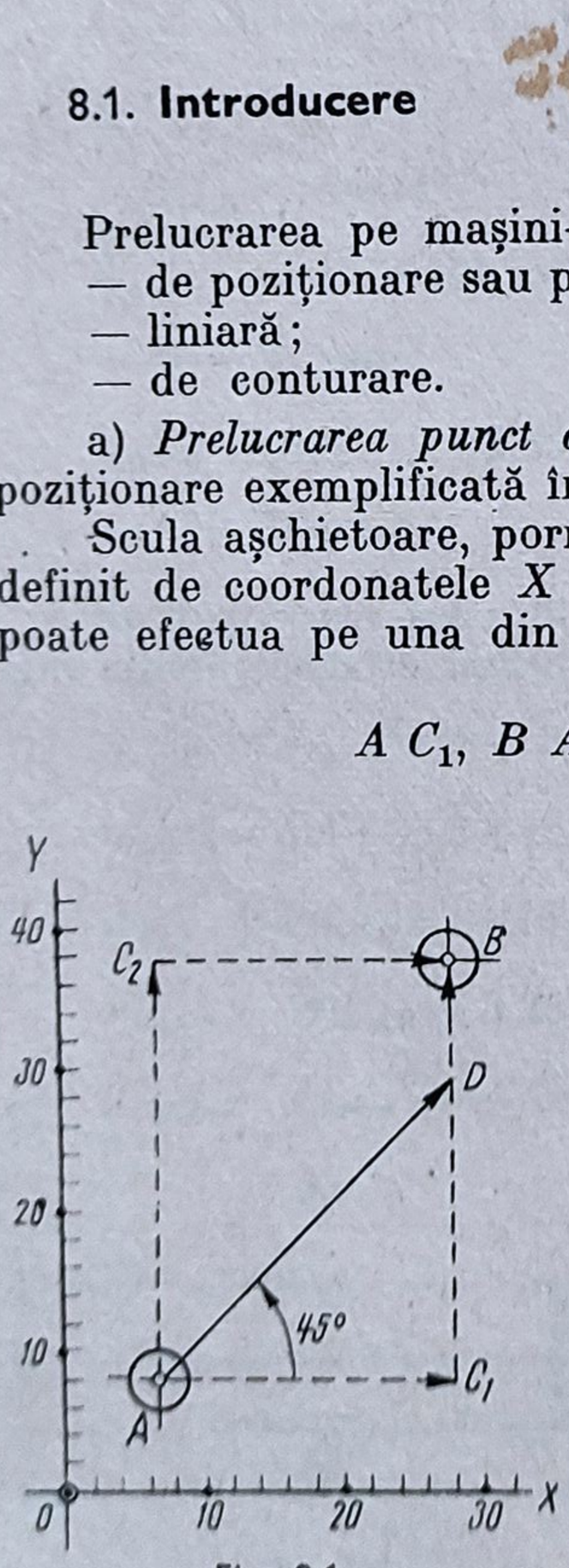


Fig. 8.1

Mișcarea de la punctul A la B se face print -o deplasare rapidă și aceasta se indică prin adresa F99.

Prelucrarea liniară se execută printr-o mișcare de avans a sculei așchietoare de-a lungul traiectoriei liniare.

Prelucrarea laturii AB a piesei din figura 8.2 va fi obținută prin următoarea comandă de deplasare a sculei așchietoare din punctul A în punctul B, caracterizat prin:

$$X + 24;\ Y + 14;\ \text{F32};\ \text{S51}$$

unde X și Y sînt coordonatele punctului B, F32 reprezintă codificarea avansului $W = 40$ mm/min și S51-codificarea turației frezei, $n_{as} = 355$ rot/min.

Pentru prelucrarea laturii BC, se modifică coordonatele, iar viteza de avans se realizează prin compunerea vitezelor w_x și w_y de pe cele două axe de coordonate, obținîndu-se astfel:

$$X + 34;\ Y + 38;\ \text{F32};\ \text{S51}$$

$$\frac{W_y}{W_x} = \text{tg}\alpha$$

$$W = W_v^2 + W_x^2.$$

Aparatura de comandă în cazul prezentat are un interpolator liniar care, în funcție de unghiul α, determină vitezele w_x și w_y.

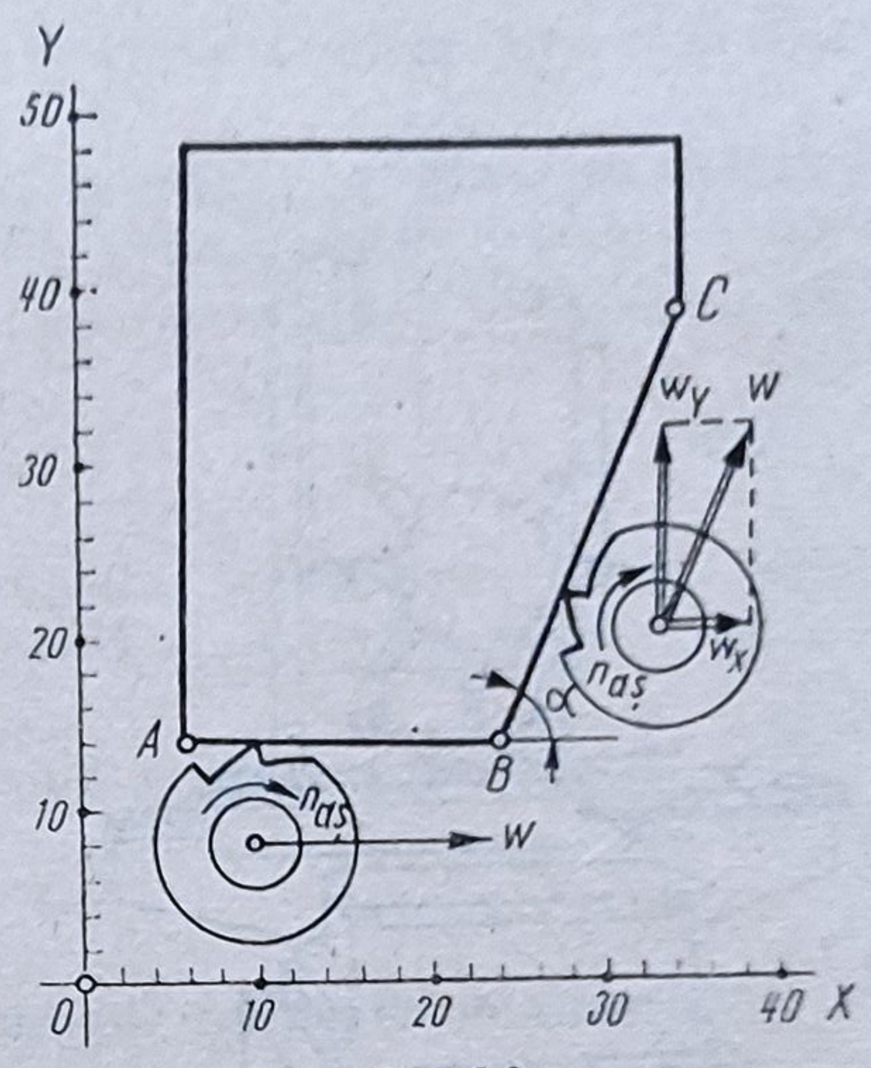


Fig. 8.2

b) *Prelucrarea pe contur* se folosește la prelucrarea contururilor curbe, în care caz, în fiecare punct al conturului (figura 8.3), unghiul pe care-l face direcția vitezei de avans cu axa x, variază după configurația traiectoriei.

Aparatura de comandă conține un interpolator circular. Segmentele conturului AB, BC etc. pot fi înlocuite cu segmente de dreaptă.

8.2. Sisteme de coordonate pentru mașinile-unelte cu comandă numerică

Cele mai utilizate sînt următoarele:

1) *Sistemul de coordonate ISO* adoptat și în țara noastră prin STAS 8902-71 se caracterizează prin:

— sistemul de coordonate cartezian, rectangular, după regula mîinii drepte, după ISO R-841 (fig. 8.4), unde axa Z este axa arborelui principal, cu sensul pozitiv spre creșterea distanței între sculă și piesă (fig. 8.5);

— se pot lua în considerare două sisteme de coordonate: unul al mașinii-unelte X, Y, Z cu direcțiile de deplasare a sculei și un sistem bazat pe depla-

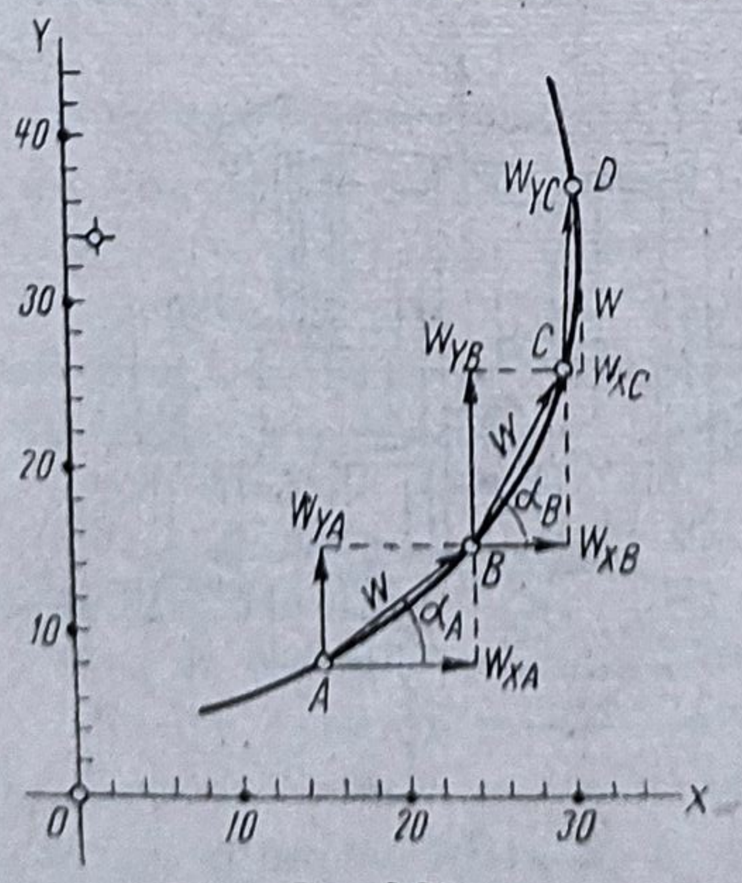


Fig. 8.3

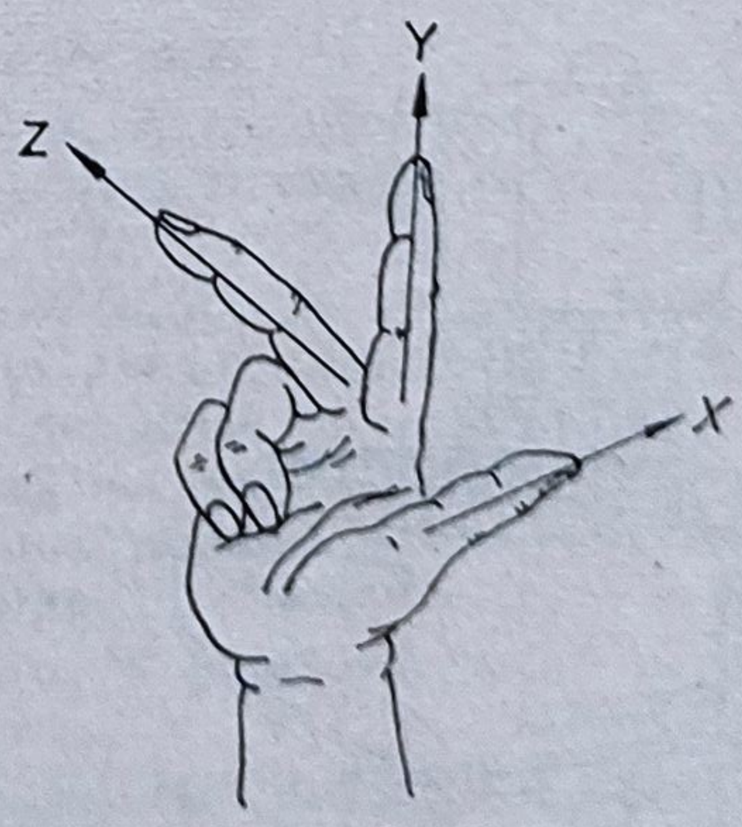


Fig. 8.4

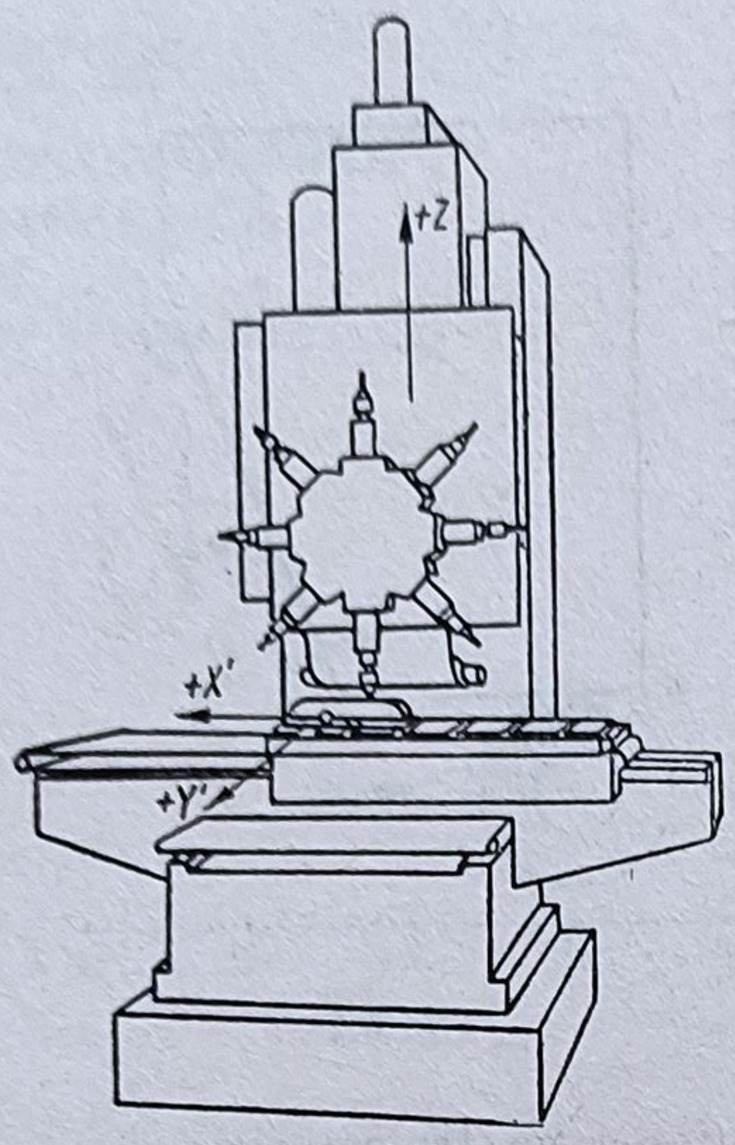


Fig. 8.5

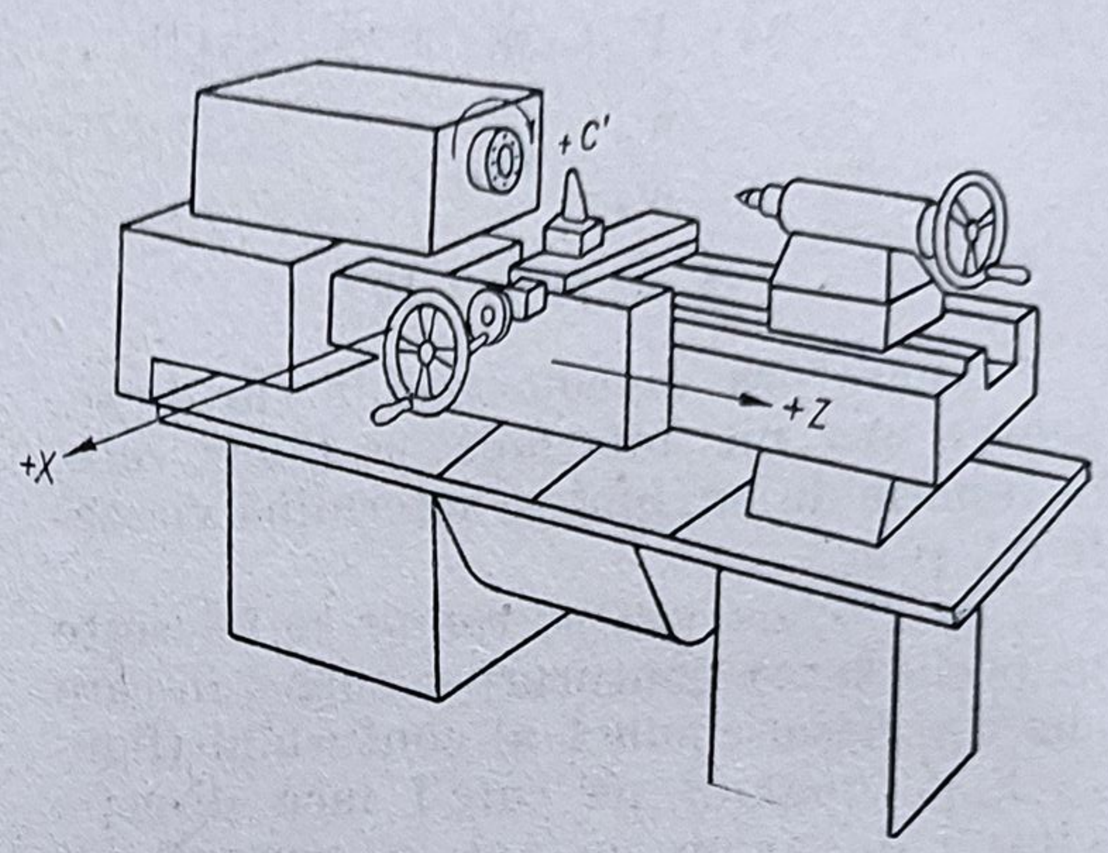


Fig. 8.6

sarea piesei X', Y', Z' după ce aceasta a fost fixată pe mașină. Axele de coordonate ale piesei au sensul pozitiv în sensul opus celor ale mașinii-unelte.

Originea sistemului de coordonate este arbitrară.

Mișcările de rotație în lungul axelor de coordonate se notează cu A, B și C pentru sculă și A', B' și C' pentru piesă. În figura 8.6 se prezintă axele X, Z și rotația C' la strung. Sensul pozitiv de rotație este cel al șurubului cu filet pe dreapta.

Uneori se folosesc și mișcări pe direcții paralele cu direcții-principale X, Y, Z sau X', Y', Z'. Aceste mișcări se notează cu U, V, W sau respectiv cu P, Q, R. În figura 8.7 este prezentată axa secundară W paralelă cu axa primară Z, la o mașină de găurit, iar în figura 8.8 se prezintă axele

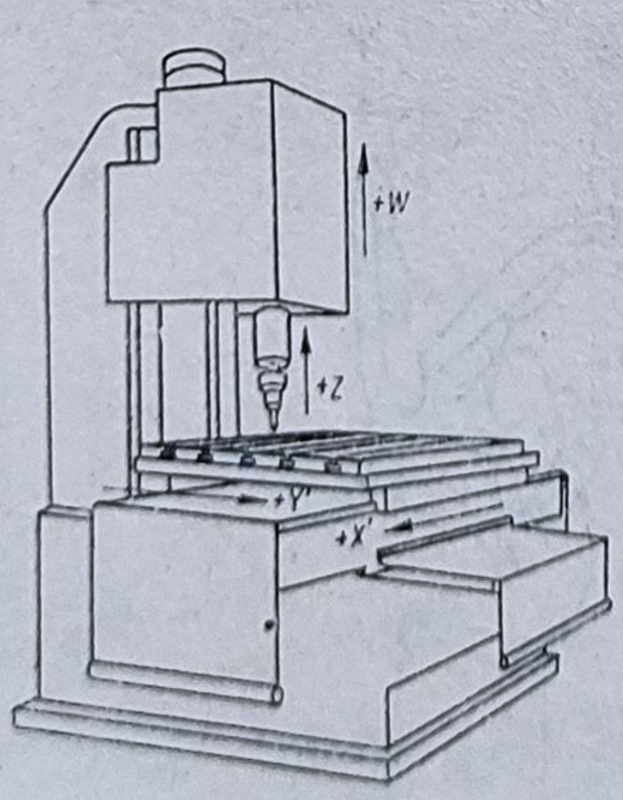


Fig. 8.7

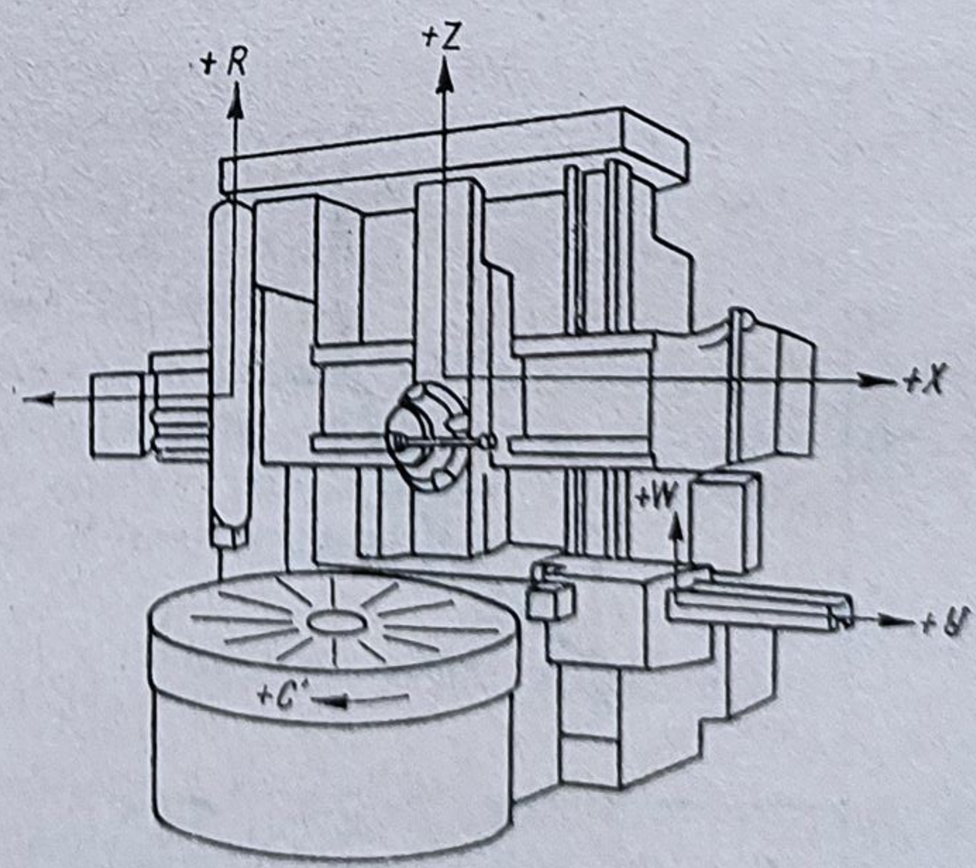


Fig. 8.8

primare X, Z, secundare V, W și terțiare P, R la strungul carusel cu mai multe sănii.

De asemenea se pot utiliza și alte mișcări de rotație, în plane paralele sau neparalele față de cele în care au loc mișcările principale de rotație.

2) *Sistemul de coordonate DIN* are următoarele diferențieri față de sistemul ISO:

— sistemul de coordonate cartezian al piesei se notează cu x, y, z, urmate de semnul plus sau minus;

— sistemul de coordonate al mașinii-unelte, de asemenea cartezian, se notează cu T_x, T_y, T_z. Sensul de apropiere a sculei de piesă se notează prin plus;

— mișcările de rotație ale organelor mașinii se notează cu R_x, R_y și R_z.

8.3. Pregătirea și înregistrarea programelor numerice manuale

Pregătirea programelor numerice necesită:

— întocmirea unui plan de operații;

— reprezentarea simbolică a datelor planului de operații într-un tabel program-piesă (sau fișă program-piesă);

— codificarea datelor din tabelul program-piesă, obținîndu-se astfel tabelul program-mașină sau fișa program-mașină.

Planul de operații conține în general următoarele date: denumirea materialului piesei, a dimensiunilor, a sculelor și dispozitivelor de lucru, a fazelor și a parametrilor regimului de așchiere.

Tabelul program-piesă (tab. 8.1) se completează cu datele conținute de planul de operații, folosindu-se diferite simboluri pentru programarea manuală.

În general, tabelul program-piesă pentru programarea manuală conține următoarele date:

— numărul N al rîndului sau al blocului care conține datele unei faze de lucru;

— adresele G care se referă la procedeul de lucru;

— coordonatele de lucru X, Y, Z și I, J, K (coordonatele corespunzătoare arcelor de cerc): numărul de cifre pentru indicarea cotelor variază între 4 ... 9, după tipul mașinii-unelte.

Partea zecimală a numărului este reprezentată de ultimele două cifre, fără a se utiliza virgula. Înscrierea cotelor se face prin indicarea axei de coordonate, precedate de semnul ei și urmată de cifrele corespunzătoare. După recomandările ISO este obligatorie utilizarea lui zero în cazul cotelor cu un număr de cifre mai mic decît cel maxim programabil. În acest mod, cota $x = 30$ mm se notează, în cazul unui program de cinci cifre: $x = +\,03000$;

— celelalte coloane pentru adresele F, S, T și M, referitoare la avans, turație, numărul sculei și funcțiile auxiliare.

Codificarea datelor din fișa progra m-piesă se face în scopul întocmirii fișei program-mașină și se efectuează pe b aza unor coduri de programare. Se

Tabelul 8.1

Exemplu de Tabel Program Piesă

Biroul de programare			TABEL PROGRAM PIESĂ								Data		
Mașina unealtă-fS-616 SD			Întocmit			Denumirea piesei-Placă					Fila nr.		
N	G	X	Y	Z	H	J	K	F	R	S	P	T	M
N 001	G 17												
N 002	G 43												
N 003	G 47												
N 004	G 06									935	P 02	T 01	
N 005	G 00			Z 10 000					R				
N 006	G 00		Y 1 000			I 0			R				
N 007	G 05					I 10000							M 03
N 008	G 05												M 08
N 009	G 01	X−19000						F 161025					
N 010	G 02	X+5000	Y−5000		H 5000	I 0		F 141008					
N 011	G 03	X 10000	Y 10 000		H0	I 10000		F 151008					
N 012	G 00	X−1000							R				
N 013	G 00		Y+16000						R				
N 014	G 00			Z+3500					R				
N 015	G 05												M 09
N 016	G 40												
N 017	G 00			Z+10000					R		P		
N 018	G 06												M 02

folosesc în mod frecvent următoarele coduri (fig. 8.9):

PC-8B (EIA — RS244)

ISO — (ISOR)

Ambele coduri au 8 piste de programare.

Codul PC-8B are pe fiecare rînd un număr impar de perforații iar în cazul codului ISO, numărul de perforații pe un rînd este par. Reprezentarea cifrelor de la 1 la 9 este binară. Zero se programează printr-o perforație pe pista a 6-a în codul PC-8B și cu două perforații pe pistele 5 și 6 în codul ISO. Lipsa oricărei perforații constituie o eroare.

Literele și diferitele semne se codifică în ambele coduri prin perforații caracteristice cifrelor 1 ... 9, la care se adaugă la PC-8B două perforații în pistele 6 și 7 pentru literele A ... I, o perforație în pista 7 pentru literele J ... R etc. La codul ISO se folosește o perforație în pista 7 pentru toate literele alfabetului și o perforație în plus pe pista 4 pentru H ... O.

Paritatea perforațiilor la codul ISO și imparitatea la codul PC-8B constituie un control al exactității de înregistrare a benzii.

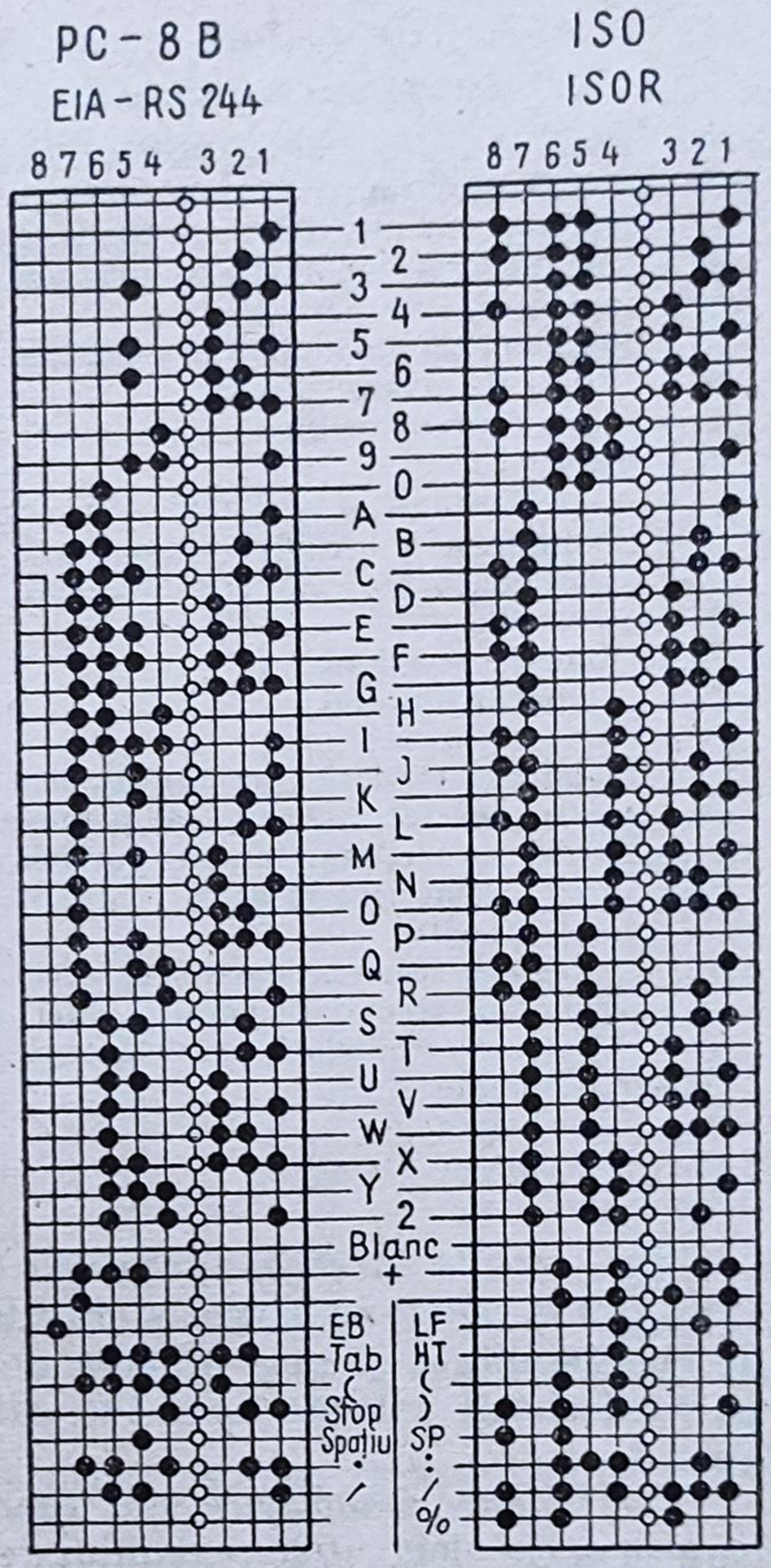


Fig. 8.9

Pentru sfîrșitul unui bloc, ceea ce reprezintă un rînd în tabelul programpiesă se utilizează pista 8 în codul PC-8B iar în codul ISO pista 2 și 4. În scrierea curentă, sfîrșitul de bloc se notează EB pentru codul PC-8B și LF pentru codul ISO.

Codurile conțin și o serie de litere care sînt folosite pentru simbolizarea unor comenzi ce se efectuează de aparatura de comandă a mașinii-unelte (tab. 8.2). Aceste litere, utilizate pentru simbolizarea unor comenzi, se numesc adrese și se pot împărți în trei grupe:

— *Adrese geometrice* prin care se indică axele de coordonate și mărimea lor (*X*, *Y*, *Z*; *U*, *V*, *W*; P, Q, R; I, J, K). Fiecare adresă este urmată de un număr de cifre, reprezentînd valoarea coordonatei însoțită fiind și de semnul acesteia.

Precizia cotelor se realizează prin mărimea pasului unitar denumit și increment, pe care-l realizează sania mașinii-unelte sub acțiunea unui impuls al aparaturii de comandă, transmis electromotorului.

Orice aparatură de comandă poate asigura o anumită mărime a pasului unitar, calitate care capătă denumirea de putere de rezolvare.

G 06
N 018

A — Poziţionarea unghiulară în jurul axei *X*;
B — Poziţionarea unghiulară în jurul axei *Y*;
C — Poziţionarea unghiulară în jurul axei *Z*;
D — Poziţionarea unghiulară în jurul unei axe speciale sau a treia viteză de avans, sau pentru indicarea corecţiei sculei;
E — Poziţionarea unghiulară în jurul unei axe speciale sau a două viteză de avans;
F — Viteză de avans (Feed);
G — Funcţie preparatorie;
H — Rezervă;
I — Coordonata *X* a centrului unui cerc sau pasul de filetare pe axa *X*;
J — Coordonata *Y* a centrului unui cerc sau pasul de filetare pe axa *Y*;
K — Coordonata *Z* a centrului unui cerc sau pasul de filetare pe axa *Z*;
L — Rezervă;
M — Funcţie auxiliară;
N — Numărul blocului;
O — A nu se folosi;
P — Deplasare terţiară (rapidă) paralelă axei *X*;
Q — Deplasarea terţiară (rapidă) paralelă axei *Y*;
R — Deplasare terţiară (rapidă) paralelă axei *Z*;
S — Turaţia arborelui principal (Speed);
T — Sculă (Tool)
U — Deplasare secundară paralelă axei *X*;
V — Deplasare secundară paralelă axei *Y*;
W — Deplasare secundară paralelă axei *Z*;
X — Coordonata *X*;
Y — Coordonata *Y*;
Z — Coordonata *Z*.

Precizia de lucru a aparaturii de comandă se apreciază şi prin eroarea rezultată la repetarea aceleiaşi poziţionări, calitate ce este definită de termenul de repetabilitate şi prin eroarea de reproductibilitate rezultată la poziţionarea aceleiaşi cote de aparaturi diferite sau a unor cote diferite pe aceeaşi aparatură.

— *Adresele tehnologice* sînt reprezentările simbolice ale comenzilor prin care se obţin elementele regimului de aşchiere şi sculele necesare unor anumite faze ale prelucării.

Adresele tehnologice sînt date de literele F (viteză de avans), S (turaţie) şi *T* (sculă), urmate de un număr ce reprezintă valoarea directă sau codificată a datelor tehnologice.

Pentru adresa F se folosesc următoarele moduri de codificare:

— directă, prin transcrierea după litera *F*, a numărului care reprezintă mărimea vitezei de avans, în mm/min; $v = 143{,}5$ mm/min, se codifică F 1435;

— simbolică, prin folosirea uneia sau a două cifre, care codifică vitezele de avans în ordinea lor crescătoare: F1, F2 ... sau F01, F02 ... sau F11, F12, ...;

— în progresie aritmetică, codificare care constă din formarea primei cifre a codului, prin însumarea la cifra 3 a numărului de cifre care formează partea întreagă a mărimii de codificat, după care se trec primele două, trei sau patru cifre ale mărimii codificate. Exemplu: $v = 13{,}55$ mm/min, se poate codifica F 513 sau F 5135, F 51355. Pentru numere fără parte întreagă, codificarea se efectuează după cum rezultă din următoarele exemple:

$v = 0{,}1355$ mm/min, cod F 313
$v = 0{,}0135$ mm/min, cod F 213
$v = 0{,}00135$ mm/min, cod F 113

— în progresie geometrică, cînd se folosesc pentru codificarea vitezei de avans două cifre care simbolizează un număr din seria geometrică R 20, cu raţia $\varphi 20 = 1{,}12$, serie ce se foloseşte la determinarea turaţiilor şi avansurilor maşinilor-unelte. Tabelul 8.3 conţine codurile valorilor vitezelor de avans în serie geometrică de la 1,12 la 80 000 mm/min.

Tabelul 8.3

ADRESE F şi S I.S.O.
Funcţii viteză de avans şi turaţie ax principal

Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată	Cod	Mărime codificată
00	Stop;	20	10,0	40	100	60	1 000	80	10 000
01	2,12	21	11,2	41	112	61	1 120	81	11 200
02	1,25	22	12,5	42	125	62	1 250	82	12 500
03	1,40	23	14,0	43	140	63	1 400	83	14 000
04	1,60	24	16,0	44	160	64	1 600	84	16 000
05	1,80	25	18,0	45	180	65	1 800	85	18 000
06	2,00	26	20,0	46	200	66	6 000	86	20 000
07	2,24	27	22,4	47	224	67	2 240	87	22 400
08	2,50	28	25,0	48	250	68	2 500	88	25 000
09	2,80	29	28,0	49	280	69	2 800	89	28 000
10	3,15	30	31,5	50	315	70	3 150	90	31 500
11	3,55	31	35,5	51	355	71	3 550	91	38 500
12	4,00	32	40,0	52	400	72	8 000	92	40 000
13	4,50	33	45,0	53	450	73	4 500	93	45 000
14	5,00	34	50,0	54	500	74	5 000	94	50 000
15	5,60	35	56,0	55	560	75	5 600	95	56 000
16	6,30	36	63,0	56	630	76	6 300	96	63 000
17	7,10	37	71,0	57	710	77	7 100	97	71 000
18	8,00	38	80,0	58	800	78	8 000	98	80 000
19	9,00	39	90,0	59	900	79	9 000	99	Rapid

Observaţie: Mărimile codificate pot fi în mm/min, inch/min respectiv rot/min.

Adresele T se referă la înlocuirea unei scule prin alta, în mod automat. Codificarea sculelor se face în mod obişnuit cu două cifre, astfel încît comanda T15 aduce în poziţie de lucru scula cu numărul 15.

Pentru schimbarea sculelor se pot modifica locaşurile sau suporţii sculelor.

Adresele S se referă la turaţiile axului principal, care pot fi codificate direct, simbolic sau în progresie geometrică.

Codificarea se face ca şi la programarea vitezelor de avans.

Adresele auxiliare (G şi M) sînt corespunzătoare unor comenzi auxiliare.

Adresele G sînt denumite funcţii preparatorii, iar adresele M funcţii auxiliare. Adresele G şi M au cîte două cifre, iar semnificaţia lor este cuprinsă în tabelele 8.4 şi 8.5, corespunzătoare standardului ISO R 1056 din anul 1969. Comenzile şi mişcările comandate pot fi:

A — acţiunea comandată este simultană cu mişcarea de comandă;
B — acţiunea comandată începe după efectuarea mişcării de comandă;
C — acţiunea comandată se menţine pînă la o comandă de anulare;
D — acţiunea comandată se menţine numai la blocul în care se află, iar la apariţia altui bloc se anulează.

Tabelul 8.1

ADRESE G I.S.O.
Funcţii preparatorii

G 00 Poziţionare punct cu punct;
G 01 Interpolare liniară (dimensiuni medii);
G 02 Interpolare circulară **CLW** (dimensiuni medii);
G 03 Interpolare circulară **CCLW** (dimensiuni medii);
G 04 Oprire (D);
G 05 Prindere (D);
G 06 Interpolare parabolică;
G 07 Rezervă;
G 08 Accelerare (D);
G 09 Decelerare (D);
G 10 Interpolare liniară (dimensiuni mari);
G 11 Interpolare liniară (dimensiuni mici);
G 12 Interpolare tridimensională;
G 13 } Selectarea axelor;
G 16 }
G 17 Selectare în planul XY;
G 18 Selectare în planul ZX;
G 19 Selectare în planul YZ;
G 20 Interpolare circulară **CLW** (dimensiuni mari);
G 21 Interpolare circulară **CLW** (dimensiuni mici);
G 22 Cuplarea mişcării pozitive;
G 23 Cuplarea mişcării negative;
G 24 } Rezerve;
G 29 }
G 30 Interpolare circulară **CCLW** (dimensiuni mari);
G 31 Interpolare circulară **CCLW** (dimensiuni mici);
G 32 Rezervă;
G 33 Filetare cu pas constant;
G 34 Filetare cu pas crescător;
G 35 Filetare cu pas descrescător;
G 36 } Rezerve operaţii de control;
G 39 }
G 40 Anularea corijării razei sculei;
G 41 Corijarea razei sculei pe stînga;
G 42 Corijarea razei sculei pe dreapta;
G 43 Corijarea razei sculei pozitivă (C);
G 44 Corijarea razei sculei negativă (C);
G 45 Corijarea razei sculei $X + /Y +$ (C);
G 46 Corijarea razei sculei $X + /Y -$ (C);
G 47 Corijarea razei sculei $X - /Y -$ (C);
G 48 Corijarea razei sculei $X - /Y +$ (C);
G 49 Corijarea razei sculei $X = 0/Y +$ (C);
G 50 Corijarea razei sculei $X = 0/Y -$ (C);
G 51 Corijarea razei sculei $X + /Y = 0$ (C);
G 52 Corijarea razei sculei $X - /Y = 0$ (C);
G 53 Anularea shifting-ului;
G 54 Shifting pe axa X;
G 55 Shifting pe axa Y;
G 56 Shifting pe axa Z;
G 57 Shifting în planul XY;
G 58 Shifting în planul XZ;
G 59 Shifting în planul YZ;
G 60 Poziţionare exactă Nr 1;
G 61 Poziţionare exactă Nr 2;
G 62 Blocarea poziţionării;
G 63 Temporizare;

Tabelul **8.4** (continuare)

G 64 Modificarea turației sau a avansului (*D*);
G 65 } Rezervor pentru poziționare;
G 79 }
G 80 Anularea ciclului;
G 81 Ciclul 1;
G 82 Ciclul 2;
G 83 Ciclul 3;
G 84 Ciclul 4;
G 85 Ciclul 5;
G 86 Ciclul 6;
G 87 Ciclul 7:
G 88 Ciclul 8;
G 89 Ciclul 9;
G 90 Programare în coordonate absolute;
G 91 Programare în coordonate relative;
G 92 Absolut/schimbarea axelor în planul *XY*;
G 93 Incremental/schimbarea axelor în planul *XY*;
G 94 Fără oglindirea imaginii (cadranul I);
G 95 Imagine oglindită a lui *X* față de axa *Y* (cadranul II);
G 96 Imagine oglindită a lui *Y* față de axa *X* (cadranul IV);
G 97 Imagine oglindită a lui *X* și *Y* față de axele *X* și *Y* (cadranul III);
G 98 Imagine oglindită a axelor programate;
G 99 Rezervă.

Observație: — Literele din paranteză indică că acțiunea respectivă:
(C) — se menține pînă la o comandă ulterioară de anulare;
(D) — este anulată automat la operația blocului următor.

Tabelul 8.5

ADRESE M I.S.O.
Funcții auxiliare

M 00 Oprirea programului (B, D)
M 01 Oprire la alegere (B, D)
M 02 Sfîrșitul programului (B, D)
M 03 Ax principal rotație **CLW** (A.C)
M 04 Ax principal, rotație **CCLW** (A,C)
M 05 Oprire ax principal (B,C)
M 06 Schimbarea sculei (D)
M 07 Lichid de răcire Nr 2 (A,C)
M 08 Lichid de răcire Nr. 1 (C,C)
M 09 Oprire lichid răcire (B,C)
M 10 Strîngere (C)
M 11 Desfacere (C)
M 12 Rezervă
M 13 = **M 03** + **M 08** (A,C)
M 14 = **M 04** + **M 08** (A,C)
M 15 Mișcare pozitivă (A,D)
M 16 Mișcare negativă (A,D)
M 17 Rezervă;
M 18 Rezerva;
M 19 Oprirea orientată a axului principal
M 20 : **M 29** } Rezerve
M 30 Sfîrșitul benzii (B,D)
M 31 Blocare temporară (D)
M 32 : **M 35** } Viteză de așchiere constantă (A,C)

Tab.lul 8.5 (continuare)

M 36	Avansuri gama 1 (A,C)
M 37	Avansuri gama 2 (A,C)
M 38	Turaţii, gama 1 (A,C)
M 39	Turaţii, gama 2 (A,C)
M 40 ... M 45	Schimbarea roţilor
M 46 ... M 49	Rezerve, operaţii control
M 50	Lichid răcire Nr. 3 (A,C)
M 51	Lichid răcire Nr. 4 (A,C)
M 52 ... M 54	Rezerve;
M 55	Deplasare liniară, scula, Poz 1 (A,C);
M 56	Deplasare liniară, scula, Poz 2 (A,C);
M 57 ... M 59	Rezerve;
M 60	Schimbarea piesei (B,D)
M 61	Deplasare liniară, piesă poz 1 (A,C)
M 62	Deplasare liniară, piesă. Poz. 2 (A,C)
M 63 ... M 67	Rezerve;
M 68	Fixarea piesei (C);
M 69	Eliberarea piesei (C);
M 70	Rezervă;
M 71	Rotire piesă. Poz. 1 (A,C)
M 72	Rotire piesă. Poz 2 (A,C)
M 73 ... M 77	Rezerve
M 78	Fixarea masei (B,C)
M 79	Eliberarea mesei (B,C)
M 80 ... M 99	Rezerve.

Observaţii: Literele din paranteză indică, că acţiunea respectivă:
(A) — Începe simultan cu mişcarea comandată;
(O) — Începe după terminarea mişcării comandate;
(C) — Se menţine pînă la o comandă ulterioară de anulare;
(D) — este anulată automat la apariţia blocului următor.

Pe lîngă adresele auxiliare G și M se mai întrebuinţează:

— adresele N pentru indicarea numărului blocului, prin folosirea a trei cifre (N 001 ... N 002 ... N 003 ...)

— adresele H pentru schimbarea manuală a sculei, exemplu:

H 001 ... T 42

N 002 ...

N 003 ...

H 004 ... T 18

Rezultă că scula T 42 schimbată manual la blocul 1, va fi schimbată prin scula T 18 la blocul 4;

— adresele TAB și EB se folosesc în codul PC-8B, iar HT și LF în codul ISO, avînd semnificațiile:

TAB și HT despart comenzile de pe banda perforată și sînt reprezentate pe tabelul program-piesă de liniile despărțitoare ale coloanelor;

EB și LF marchează sfîrșitul unui bloc;

% (procentual) reprezintă, numai în codul ISO, începutul programului.

: (semnul împărțirii) reprezintă de asemenea, numai în codul ISO, primul bloc;

/ (linie de fracție) reprezintă numai în codul ISO restricțiunea ca blocul respectiv să fie citit numai dacă s-a efectuat în prealabil o comandă manuală.

8.4. Elaborarea programării numerice asistate

Se execută cu folosirea calculatoarelor electronice în procesul de programare numerică pe mașini-unelte și se efectuează astfel:

— se întocmește mai întîi planul de operații al piesei de prelucrat;

— pe baza planului de operații, se întocmește fișa program-piesă în limbajul calculatorului care poate fi APT sau derivatele lui ADAPT, EXAPT, 2CL;

— fișa program-piesă, scrisă de mînă sau la mașina de scris obișnuită, se dactilografiază apoi pe mașini speciale, obținîndu-se astfel cartelele perforate în codul calculatorului, precum și o reproducere a fișei-program pentru confruntare cu fișa originală;

— calculatorul, prin intermediul procesorului, traduce datele din limbajul APT, EXAPT etc. în limbajul calculatorului FORTRAN;

— calculatorul elaborează banda perforată care constituie programul-mașină în codul PC-8B sau ISO, în raport cu aparatura de comandă a mașinii-unelte. Elaborarea benzii perforate în codul PC-8B sau ISO se face de către postprocesorul calculatorului, care traduce calculele matematice în codul mașinii-unelte.

Limbajele pentru programarea asistată a mașinilor-unelte sînt numeroase. Cele mai utilizate sînt: APT, ADAPT, EXAPT, IFAPT etc.

Limbajele APT, EXAPT, IFAPT sînt prezentate în tabelul 8.6.

Vocabular
APT-EXAPT-IFAPT

Tabelul 8.6

Cuvînt simbolic	Scris în clar	Traducere-sens
1	2	3
AAXIS	— A axis	axa A
ADD	— add	adaugă; adună
AIR	M — air	aer
ALL	— all	toți; toate
ANBEV	— angle of bevel	unghiul de ieșire (zencuire)
ARC	— arch	arc
AT	— at	la
ATANGL	— at angle	sub unghiul

Tabelul 8.6 (continuare)

1	2	3
AUXFUN	M — auxiliary function	funcţie auxiliară
AVØID	— avoid	evită
BACK	M — back	înapoi
BAXIS	— Baxis	axa B
BEGIN	M — begin	început
BEVEL	— bevel	ieşire, zencuire
BLANCØ	— blank contouy	contur brut
BLIND	— blind wohle	gaură înfundată
BØRE	M — boring	găurire cu bomrstanga
BØTTØM	— bottom	suprafaţă de bază
CALL	M — call	chemarea subprogramului
CAXIS	— Caxis	axa C
CCLW	— counter clackwise	sens invers rotaţiei acelor ceas
CORILL	M — center drilling	centruire
CENTER	— center	centru
CHANGE	— change	schimbă
CIRCLE	M — circle	cerc
CLAMP	M — clamp	prinde, strînge
CLID	M — clearance distance	distanţă de siguranţă
CLEARP	— clearance plane	plan de siguranţă
CLØSED	— closed	închis
CLPRINT	M — cutter location print	tipăreşte poziţia sculei
CLRSRF	M — clearance surface	suprafaţă de siguranţă
CLW	— clockwise	în sensul rotaţiei acelor ceas
CØNMILL	M — coutour miling	frezare pe contur
CØNNEC	— conection	legătură
CØNST	— constant	constant
CØNT	— contour turning	strunjire pe contur
CØNTUR	M — contour	contur
CØNWAY	— contour way	traseul conturului
CØØLNT	M — coolant	lichid de răcire
CØØRD	M — coordinate	coordonată
CØPY	— copy	copiază reproduce
CØRED	— cored	turnat
CØRREC	— correction	corecţie
CØSINK	M — conic sinking	adîncire conică
CRØSS	— cross	transversal
CS	— check surface	suprafaţă de oprire
CUT	M — cut	aşchiere
CUTDEP	— cutting depth	adîncime de aşchiere
CUTFED	— cutting feed	viteză de avans, la strunjire.
CUTTER	M — cutter	cuţit; sculă
CUTWAY	— cutter way	traseul sculei
CYCLE	M — cycle	ciclu
DECRES	— decrease	descrescător
DEEP	— deep	adîncime de aşchiere
DELAY	M — delay	întîrziere
DELETE	— delete	eroare
DEPTH	— depth	adîncimea totală de aşchiere
DIABEV	— diameter of bevel	diametrul teşirii zencului
DIAMET	— diameter	diametru
DIPFED	— dippinqfeed	avans pe axa 2
DIPRAP	— dipping rapid	rapid pe axa 2
DNTCUT	M — dont't cut	nu aşchia
DRAFT	M — draft	desenează
DRILL	M — drilling	găurire
DS	— drive surface	suprafaţă de conducere
DWNCUT	— down cutting	frezare în sensul avansului

Tabelul 8.6 (continuare)

1	2	3
ELLIPS	M — ellipse	elipsă
ELMENT	— element	element
END	M — end	sfîrşitul programului
FACMIL	M — face milling	frezare plană
FEDRAT	M — feedrate	viteza de avans
FEED	— feed	avans
FIN	— finishing	finisare
FINE	— fine	fin
FINI	M — finish	sfîrşitul programului
FIT	— fit	ajutaj (păsuire)
FL	— flood	şuvoi de lichid de răcire
FR	M — from	de la; punct de pornire
FWD	M — forward	înainte
GCONIC	M — general conic	secţiune conică
GO	M — go	mergi
GOBACK	M — go back	mergi înapoi
GODLTA	M — go delta	mergi incremental
GODOWN	— go down	coboară
GOFWD	M — go forward	mergi înainte
GOLFT	M — go left	mergi la stînga
GOOVER	— go over	mergi peste
GORGT	M — go right	mergi la dreapta
GOTO	M — go to	mergi spre
GOUP	— go up	urcă
GRID	— grid	grilă grătar
GROOV	— groove	canelare pe strung
HEAD	M — head;	cap port-sculă
HYPERB	M — hyperbola	hiperbolă
IF	M — if	dacă
IN	— in	în
INCR	— increment	increment
INCRES	— increase	crescător
INDEX	M — index	index
INDIRP	M — in direction of point	în direcţia punctului
INDIRV	M — in direction of vector	în direcţia vectorului
INSERT	M — insert	introduce
INTOF	— intersection of	intersecţie cu
INTOL	M — inside tolerance	toleranţă interioară
INVERS	— inverse	sens invers
JUMPTO	M — jumpo to	salt către
LARGE	— large	mare
LCONIC	M — loft conic	conică definită prin 5 puncte
LEFT	— left	stînga
LFT	M — left	spre stînga
LFTLIM	— left limited	limitat la stînga
LINE	M — linie	linie; dreaptă
LINEAR	— linear	liniar (4.5.5.)
LOADTL	M — load tool	schimba scula
LONG	— longitudinal	longitudinal
LOOPND	M — loop end	sfîrşitul circuitului
LOOPST	M — loop start	începutul circuitului
MACHIN	M — machine	maşină-unealtă
MACRO	M — subroutine	subprogram
MAKE	M — make	execută
MANUAL	— manual	manual
MATERL	— material	material
MATRIX	M — matrix	constantă de transformare
MCHTOL	— machine tolerance	toleranţa maşinii

Tabelul 8.6 (continuare)

1	2	3
MEANDR	— meander	în formă de meandru
MILL	M — milling	frezare
MIRROR	— mirror	oglindit
MIST	— mist	ceaţă de lichid de răcire
MODIFY	— modify	modifică
MULTRD	— multiple thread	filet cu mai multe începuturi
NOMORE	— no more	nu mai mult decît
NOPOST	M — no postprocesor	fără postprocesor
NOREV	— no reversal	fără inversare
NOX	— no X	fără X
NOY	— no Y	fără Y
NOZ	— no Z	fără Z
OFF	— off	din deschis
OFFSET	M — offset	în afară, peste
OMIT	— omit	omite
ON	— on	în
ONLIM	— on limited	nelimitat
OPEN	— open	deschis
OPSTOP	M — optional stop	oprire optională
ORIGIN	M — origin	originea sistemului de coordonate
OSETNO	— offset number	numărul corectării
OUT	— out	afară
OUTTOL	M — outside tolerance	toleranţă exterioară
OVSIZE	M — oversize	peste cotă
PARAB	M — parable	parabolă
PARLEL	— parallel	paralel
PART	M — part	piesă
PARTC	M — part — contour	conturul final al piesei
PARTN	M — part, number	numărul piesei
PAST	— past	treci de; peste
PATERN	M — pattern	model, şablon
PERMIN	— perminute	pe minut
PERPTO	— perpendicular to	perpendicular pe
PITCH	— pitch	pas
PLANE	M — plane	plan
POCKET	M — pocket	buzunar
POINT	M — point	punct
POLGON	M — polygon	poligon
PPFUN	M — postprocesor function	funcţie postprocesor
PREFUN	M — preparatory function	funcţie preparatorie
PRINT	M — print	tipăreşte
PS	— part surface	suprafaţa piesei
PSURF	— plane surface	suprafaţă plană
PASIS	M — part surface	suprafaţa de bază a piesei
PUNCH	M — punch	perforează
RADIUS	— radius	rază
RANDOM	— random	identificator caracteristic structurilor compuse
RAPID	M — rapid	deplasare rapidă
REAM	M — reaming	alezare cu alezorul
RECESS	M — recessing	retragere, canelare
REFSYS	M — reference system	sistem de referinţă
REMARK	M — remark	remarcă
RESERV	M — reserve	rezervă
RETAIN	— retain	reţine
REV	— revolution	rotaţie
REWIND	— rewind-tape	rebobinează banda
RGT	M — right	spre dreapta

Tabelul 8.6 (continuare)

1	2	3
RGTLIM	— right-limited	limitat la dreapta
RIGHT	— right	dreapta
RØTABL	M — rotation of table	rotirea mesei
RØTHED	M — rotation of head	rotirea capului port-scule
RØTREF	— rotation of refrance system	rotirea sistemului de referinţă
RØUGH	— rough	brut, zgrunţuros
RØUND	— round	rotunjirea muchiilor
RTHETA	— radius theta	coordonate polare
SAFPØS	M — safety position	poziţie de siguranţă
SAME	— same	la fel, identic
SASURF	M — safety surface	suprafaţă de siguranţă
SELCTL	M — select tool	selectează scula
SEMI	— semi machined	semi prelucrat
SEMP	— semi machined	semiprelucrat
SEQN	M — sequence number	numărul secvenţei
SETANG	— set up angle	scula sub unghiul
SINK	M — sinking	adîncire
SISINK	M — spiral sinking	adîncire cu spiralul
SLØPE	— slope	pantă, linie înclinată
SMALL	M — small	mic
SMØØTH	— smooth	curat (lis)
SØ	— single operation	operation unica
SPEED	— cutiing speed	viteza de aşchiere
SPINDL	M — spindle speed	turaţia axului principal
SPIRET	— spindle retrace	retragerea axului
SPLINET	— spline	florar spaţial
STØP	M — Stop	oprirea maşinii unelte
SURFIN	M — surface finish	calitatea suprafeţei
SWATH	— swath	lăţimea frezării
SYN	M — synonym	sinonim
TABCYL	M — tabulated cylinder	funcţii tabelare
TANTØ	— tangenţial to	tangent la:
TAP	M — tapping	filetare
TAPKUL	—	lichid de ungere la filetare
TAT	— tapping typ	tipul filetului
TERMAC	M — termination of macro	sfîrşitul subprogramului
TERMCØ	M — termination of contur	sfîrşitul conturului
THREAD	— threading	filetare cu cuţitul
THRU	— through	de la un index la altul
TLAXIS	— tool axis	axa sculei
TLLFT	M — tool left	scula spre stînga
TLØPFS	— tool offset part surface	scula în afara suprafeţei piesei
TLØNPS	— tool on part surface	scula pe suprafaţa piesei
TLØN	M — toll on	scula pe
TLRGT	M — tool right	scula spre dreapta
TØ	— to	la, spre
TØLER	— tolerance	toleranţa
TØLP	— tolerance of position	toleranţa poziţiei
TØØL	M — tool	scula
TØØLNØ	M — tool number	numărul sculei
TRACUT	— transform cutter location	transformă poziţia sculei
TRANS	M — translated cutter coordinates	coordonatele translate ale sculei
TURN	— turning	strunjire
TURRET	M — turret	turelă portscule
UNLIM	— unlimited	nelimitat
UNMACH	— un machined	neprelucrat
UPCUT	— upcutting	frezare opusă sensului avansului
VECTØR	M — vector	vector

Tabelul 8.6 (continuare)

1	2	3
VERTEX	— vertex	vîrf
WORK	M — work	prelucrare
XAXIS	— X axis	axa X
XCOORD	— X coordinate	coordonata X
XLARGE	— X larger	X în sens crescător
XPAR	— paralel to X	paralel cu axa X
XSMALL	— X smaller	X în sens descrescător
XYPLAN	— XY plane	planul XY
XYROT	— XY rotation	rotire în jurul axei 2
YAXIS	— Y axis	axa Y
YCOORD	— Y coordinate	coordinata Y
YLARGE	— Y larger	Y în sens crescător
YPAR	— paralel to Y	paralel cu axa Y
YSMALL	— Y smaller	Y în sens descrescător
YZROT	— YZ rotation	rotire în jurul axei X
ZIG	— zig	frezare pendulară
ZIGZAG	— zigzag	frezare pendulară
ZSURF	M — Z surface	suprafața Z
ZXROT	— ZX rotation	rotire în jurul axei Y

8.4.1. Caracteristicile limbajului APT

Limbajul se compune dintr-un vocabular de cuvinte de origine engleză, din cifre și semne, cu ajutorul cărora se elaborează fișa-program-piesă (tab. 8.7). Un rînd din fișa program-piesă scris în limbajul APT este numit instrucțiune sau frază.

Exemplu de fișă program-piesă

Tabelul 8.7

UZINA _____ **FIȘA PROGRAM - PIESA** PIESA NR _____

LIMBAJ APT PROGRAMATOR _____ DATA _____ PAG ___ DIN ___ PAGINI

SIMBOL = DEFINIȚII SAU INSTRUCȚIUNI BLOC Nr.

1 6	8	10 20 30 40 50 60 70	73 80
PARTNO		375-A-0043	001
REMARK		PIESA SE PROGRAMEAZA EXPERIMENTAL IN APT 3	002
		MACHIN/AF-130-CN FMUAB	003
		CUTTER/15,3.50 BB OTEL RARIO NI-1752/69	004
		TØØLNØ/732-C,185	005
STAT1	=	PØINT/9,142,250	006
PT 1	=	PØINT/83,114.50	007
PT 2	=	PØINT/132,-243	008
CIRC 1	=	CIRCLE/CENTER,PT1,RADIUS,29	009
		SPINDL/ØN,CLW	010
		FEDRAT/140	011

Instrucțiunile cu semn de egalitate în coloana a 8-a a fișei program-piesă se utilizează pentru descrieri geometrice sau calcule matematice.

Instrucțiunile fără semn de egalitate pot fi:

— pentru comanda deplasării relative între piesă și sculă, ex: GØTØ/PT2, care comandă deplasarea sculei în poziția punctului PT2;

— pentru unele comenzi necesare funcţionării maşinii-unelte, de ex: SPINDL/ØN, CLW care comandă axul principal SPINDL a se roti (ØN) în sensul de rotaţie al acelor de ceas (CLW);

— coloanele 10 ... 72 din fişa program-piesă se folosesc pentru înscrierea instrucţiunilor, iar coloanele 73 ... 80 pentru numerotarea rîndurilor.

Cuvintele vocabularului APT se împart în două categorii:

— cuvinte majore, care se scriu cu sau fără linie de fracţie, exemplu: PARTNØ — care indică piesa de prelucrat;

REMARK — care indică necesitatea unor informaţii suplimentare în legătură cu prelucrarea ce se execută;

— MACHIN/ — indică maşina de prelucrat;

CUTTER/ — indică cuţitul sau scula de lucru;

TØØLNØ — indică numărul sculei.

— cuvinte minore, ca:

CENTER — care indică centrul cercului;

RADIUS — care indică raza cercului;

ØN — care indică pe.

Numerele se scriu cu cifre arabe, virgula fiind înlocuită prin punct.

Semnele de punctuaţie sînt zece şi anume:

— punctul, pentru despărţirea zecimalelor;

— virgula, care desparte două cuvinte sau numere;

— linia de fracţie desparte cuvîntul major de restul cuvintelor din frază sau reprezintă semnul împărţirii;

— paranteza se foloseşte pentru înlocuirea unui simbol prin instrucţiunea corespunzătoare: PT1 — PØINT (85, 14, 5);

— semnul de egalitate se scrie în coloana a 8-a şi indică identitatea dintre simbolul şi conţinutul unei instrucţiuni;

— semnul dolarului $ arată necesitatea continuării instrucţiunii pe rîndul următor;

— dublul semn al dolarului $$ indică o observaţie scrisă în limba curentă;

— semnul plus + se utilizează pentru mărimi pozitive şi ca semn de adunare;

— semnul minus — se utilizează pentru mărimi negative sau ca semn de scădere;

— asteriscul * se foloseşte ca semn de înmulţire.

Fişa program-piesă conţine instrucţiunile care pot fi *speciale*, *geometrice* sau *instrucţiuni tehnologice*.

Instrucţiunile speciale se referă la identificatorii piesei între care se pot menţiona spre exemplificare:

PARTNØ — PIESA INTERMEDIARĂ Nr. 5

REMARK — PRØGRAMATI PIESA IN LIMBAJ ISØ

— identificatorii maşinii-unelte, de exemplu:

MACHIN/SC-1250 NC, FMUAB

— identificatorii sculelor, de exemplu:

CUTTER/

Instrucţiunile geometrice pentru programarea formelor geometrice utilizează următoarele elemente: punctul, linia, cercul. În limbajul APT, acestea se exprimă prin simbolurile:

— pentru punct: P1 sau PT1 etc.

— pentru linie: L1 sau LIN1, LINB etc.

— pentru plan PLAN 3, PL2, PLNXY etc.
— pentru cerc C1, CIR1, CERCLE, CERC 2 etc.

Instrucţiunile de deplasare se referă la declanşarea comenzilor pentru deplasarea relativă dintre sculă şi piesă, cu avans rapid la operaţiile de poziţionare (punct cu punct) sau cu avansul de lucru pentru alte prelucrări.

Cuvîntul de bază pentru deplasare este GØ = mergi, însoţit de cuvinte minore ca:

TØ = spre, la
ØN = pe
PAST = peste

sau combinaţii ale cuvîntului major GØ, ca:

GØBANK = mergi înapoi;
GØDLTA = mergi incremental;
GØDØWN = mergi în jos, coboară;
GØFWD = mergi înainte;
GØLFT = mergi la stînga;
GØRGT = mergi la dreapta;
GØTO = mergi spre;
GØUP = mergi în sus, urcă.

Se folosesc de asemenea, următoarele cuvinte majore:

FRØM = din
INDIRP = în direcţia punctului;
TLLFT = scula tangentă la stînga unei linii;
TLØN = axa sculei pe linie;
TLRGT = scula tangentă la dreapta unei linii;
TLØNPS = vîrful sculei centrat pe suprafaţa piesei;
TLØFPS = scula tangentă la suprafaţa piesei.

Cuvîntul GØ comandă începerea unei mişcări din punctul de repaus STPT sau din alt punct, spre un punct sau o linie dată. Astfel, deplasarea dintr-un punct de repaus, de coordonate $X = 20$ şi $Y = 15{,}5$ în punctul P_1 de coordonate $X = 40$, $Y = 45{,}5$ este indicată astfel:

FRØM STPT/20, 15,5
GØTØ PT1/40, 45.5

Plecînd dintr-un punct de repaus STPT sau din alt punct spre linia LIN1, pot avea loc următoarele poziţii ale sculei de lucru:

— tangentă, fără a depăşi linia GØ/TØ, LIN1
— cu axa sculei pe linie, GØ/ØN, LIN1
— tangenta după depăşirea liniei GØ/PAST, LIN1

Deplasarea sculei de-a lungul liniei LIN1 se face după ce s-a precizat axa sculei faţă de linia de contur, astfel:

TLLFT — axa sculei la stînga liniei;
TLØN — axa sculei pe linie;
TLRGT — axa sculei la dreapta liniei.

Cuvintele majore GØRGT şi GØLFT se referă la sensul de deplasare a sculei în raport cu traiectoria pe care s-a deplasat aceasta pînă la linia conturului.

Cînd cuvintele principale anterioare nu trebuie schimbate, se indică prelucrarea în continuare prin GØFWD = mergi înainte. Exemplu:

T LLFT, GØFWD/CERC 1

CERC1 = CIRCLE/CENTER, PT2, RADIUS, 50

indică faptul că scula rămîne cu axa la stînga liniei, ca și mai înainte și deplasarea este continuată pe cercul 1 cu centrul în *P2* și de raza 50.

Cuvîntul major INDIRP — se folosește atunci cînd direcția de deplasare trebuie să treacă printr-un punct dat. Exemplu:

INDIRP/PT, E
GØ/ON, LIN A

cere ca deplasarea sculei, cu centrul pe linia *A*, să treacă prin punctul *E*.

Cuvintele majore GØTO și GØDLTA se folosesc în comenzile de poziționare punct cu punct. Deplasarea cu viteză rapidă în coordonate absolute este dată de comanda GØTØ și cea cu viteză rapidă sau de avans în coordonate relative, de comanda GØDLTA. Exemplu:

FRØM/PT1
GØTØ/PT2, 1500

care cere ca scula să se deplaseze din punctul P1 în punctul P2 cu viteza de 1500 mm/min. Măsurarea dimensiunilor se face în sistemul de coordonate absolute.

În cazul deplasărilor în sistemul de coordonate relative (sistemul incremental), se folosește cuvîntul GØDLTA = mergi incremental. Exemplu:

FROM/STPT
GØDLTA/100, 50, 75, 1500

care înseamnă că scula se deplasează din punctul de repaus în punctul de coordonate 100, 50, 75 cu viteza de 1500 mm/min. Coordonatele 100, 50, 75 reprezintă diferența dintre coordonatele punctului spre care se face deplasarea și cele ale punctului de plecare.

Cuvîntul major CØPY — se folosește pentru programarea repetării de un anumit număr de ori a unei părți din program. CØPY se folosește împreună cu INDEX, astfel:

INDEX/n
⋮
CØPY/n; ... m

arată că porțiunea din program cuprinsă între INDEX și CØPY se va repeta de *m* ori. Precizarea indicelui care trebuie repetat se face printr-un indice *n*.

Instrucțiunile tehnologice se pot grupa astfel:

— caracteristicile prelucrării (găurire, filetare, frezare etc.)
— caracteristicile sculei (burghiu, lungime, numărul etc.);
— caracteristicile regimului de așchiere (turație, viteză de avans, lichid de răcire etc.).

Pentru diferite operații tehnologice se folosesc următoarele cuvinte minore:

DRILL = găurire cu burghiul;
BØRE = alezare;
MILL = frezare;
TAP = tarodare.

În cadrul instrucțiunilor, aceste cuvinte se află împreună cu cuvîntul major CYCLE.

CYCLE/BØRE, 250, 150, MPM

care reprezintă alezarea pe o cursă de 250 mm, cu o viteză de avans de 150 mm/min (MPM).

8.4.2. Limbajul EXAPT. Caracteristici

Derivă din extinderea limbajului APT. Partea de instrucțiuni și definiții geometrice este comună cu cea a limbajului APT. Caracteristica acestui limbaj constă în extinderea părții de tehnologie.

Din această cauză, elaborarea condițiilor tehnologice de prelucrare este efectuată de calculatorul electronic în funcție de felul prelucrării (găurire, frezare, strunjire etc.), de materialul prelucrat, de tipul mașinii-unelte. Calculatorul electronic stabilește condițiile optime ale regimului de așchiere și sculele de lucru.

Cuvintele folosite în limbajul EXAPT sînt tot de origine engleză.

Materialul piesei se determină prin instrucțiunea:

PART/MATERL, 035,

în care 035 este numărul de cod al materialului piesei, care se află și în fișa materialului.

După numărul de cod al materialului, se poate înscrie unul din modificatorii:

UNMACH = neprelucrat;
SEMI = semiprelucrat;
CØRED = turnat.

După prelucrare, calitatea finală a suprafeței este indicată de cuvîntul major SURFIN urmat de unul din modificatorii:

RØUGH = zgrunțuros, brut;
SMØØTH = neted;
FIN = finisat;
FINE = superfinisat

Adaosul de prelucrare pentru operații ulterioare se consemnează astfel:

ØVSIZE/FIN, 0,2

în care ØVSIZE indică adaosul de prelucrare, iar cifrele-mărimea acestuia.

Prelucrările se pot grupa în limbajul exact astfel:

— pentru strunjire:
TURN = strunjire pe strung;
CØNT = strunjire pe contur (profilată);
GRØØV = canelare prin strunjire;
THREAD = filetare cu cuțitul.
— pentru găurire:
CDRILL = centruire;
DRILL = găurire cu burghiul;
REAM = alezare;
SINK = lamare;
SISINK = adîncire cu burghiul;
CØSINK = teșire;
TAP = filetare cu tarodul.
— pentru frezare:
MILL = frezare;
CØN MILL = frezare pe contur;
FAC MIL = frezare frontală;
BØRE = alezare cu bohrstang;
RECESS = canelare;
MAKE = a face, a forma.

Cînd una din prelucrări este unică, modificatorul care indică acest lucru este SØ.

Pe lîngă cuvintele majore, apar modificatori cum sînt:

LØNG = longitudinal (axial);
CRØSS = transversal (radial);
ATANGLE = sub unghiul;
SETANG = scula sub unghiul;
DEPTH = adîncime de aşchiere;
TAT = tipul filetului;
ØSETNØ = numărul de ordine al corecţiei sculei;
SPIRET = retragerea axului principal;
NØREV = fără inversarea sensului;
TØLPØ = toleranţa la poziţionare;
BIND = înfundat;
BEVEL = teşire;
XPAR = paralel cu axa X;
INCRES = crescător;
DECRES = descrescător;
UPCUT = în sens invers avansului;
DWNCUT = în sensul avansului.

Programarea în limbajul EXAPT se caracterizează prin determinarea sculei şi a regimului de aşchiere de către calculator. Indicîndu-se operaţiile în ordinea lor sau folosindu-se ciclurile de prelucrare cu indicarea ultimei operaţii, calculatorul stabileşte operaţiile anterioare, ordinea lor de execuţie şi sculele necesare pe baza subprogramelor existente în memorie.

8.4.3. Limbajul IFAPT. Caracteristici

Limbajul IFAPT este creat pentru utilizarea calculatoarelor de putere medie şi mică. Din punctul de vedere al tehnologiei, limbajul IFAPT are un grad de automatizare a calculelor tehnologice cuprins între APT şi EXAPT.

Conturul brut (piesa turnată, forjată sau degroşată) este definit prin cuvîntul major

BLANCØ/

şi programat prin punctele P1, P2, ... care definesc conturul piesei brute.

Conturul final este definit prin cuvîntul major

PARTCØ/

după care urmează adresele privind deplasarea cuţitului.

Strunjirea de degroşare se programează după patru scheme de aşcheire şi anume:

TURN — prin treceri paralele la o direcţie dată;
GRØØV — prin aşchiere pe o direcţie normală pe axa de rotaţie;
PRALL — prin aşchii de grosime constantă, pe traiectorii echidistante conturului final;
CØNT — prin aşchiere pe traiectorii identice cu traiectoria finală, cu grosime variabilă a aşchiei.

Finisarea suprafeţei se face prin prevederea unui adaos de prelucrare după ultima trecere de degroşare, folosind instrucţiunea:

ØVSIZE/FINE, a

în care a este grosimea adaosului de prelucrare.

8.5. Exemple de programări pe mașini-unelte cu comenzi numerice

1*. Prelucrarea unei carcase de mașini agricole (fig. 8.10, 8.11).

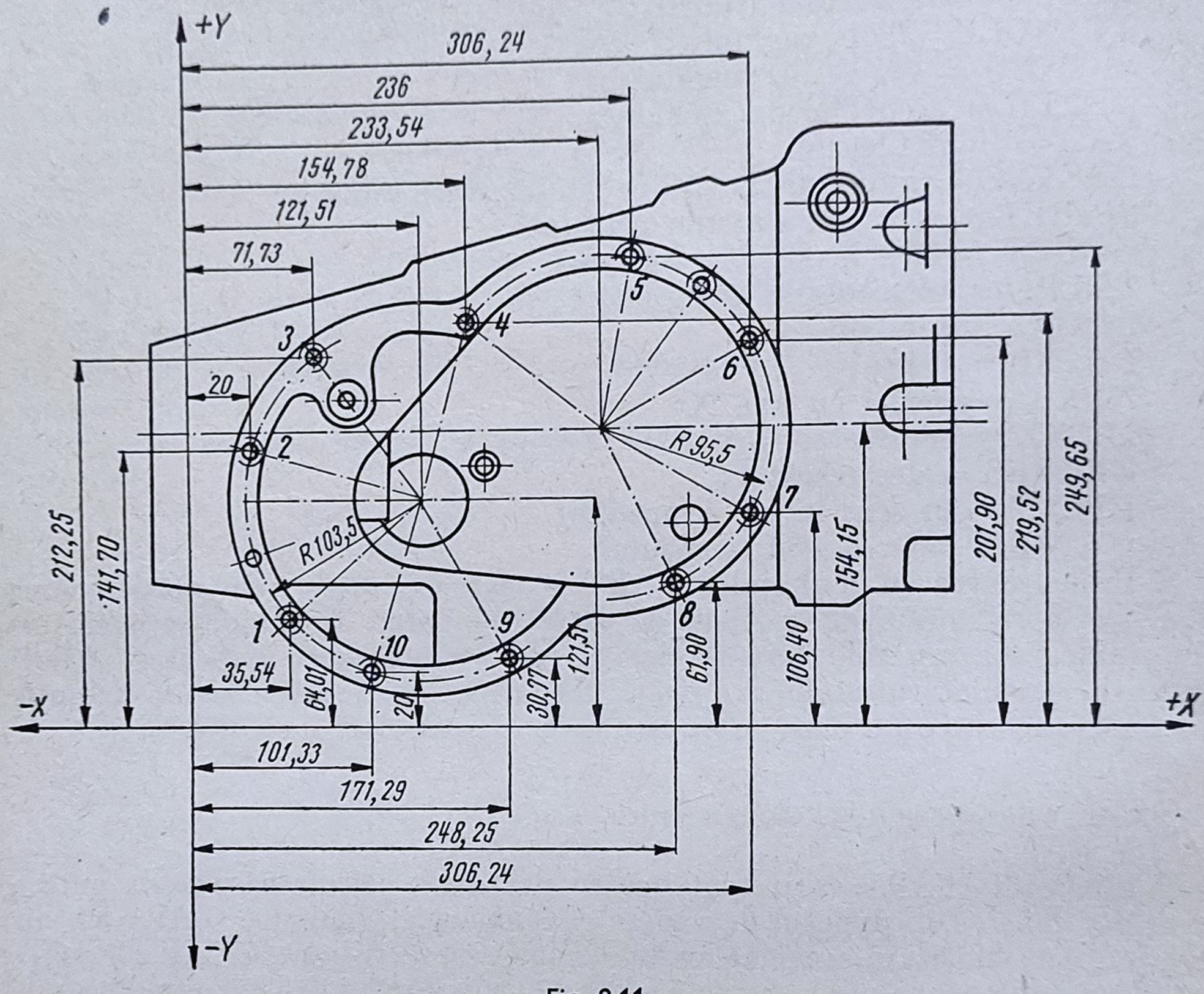


Fig. 8.11

Programarea manuală

Se programează prelucrarea pe mașina-unealtă de alezat și frezat cu comandă numerică MCN VOTAN B 75 T, care are caracteristicile

— diametrul pinolei, în mm. 75
— con Morse, ISO..... 40
— diametrul platoului, mm 550
— cursa saniei, mm 1000
— cursa transversală a mesei, mm 800
— cursa longitudinală a mesei 800
— suprafața mesei, mm × mm, ... 800 × 1000
— sarcina maximă admisă pe masă, kg 1500
— puterea motorului principal, kW 9

Codul și adresele folosite sînt cele standardizate în sistemul ISO, citirea benzii perforate executîndu-se cu un fascicul de raze laser.

---

* Exemplul este luat din: C. Ciocîrdia, Gh. Zgură *„Tehnologia prelucrării carcaselor"* Ed. tehnică 1975.

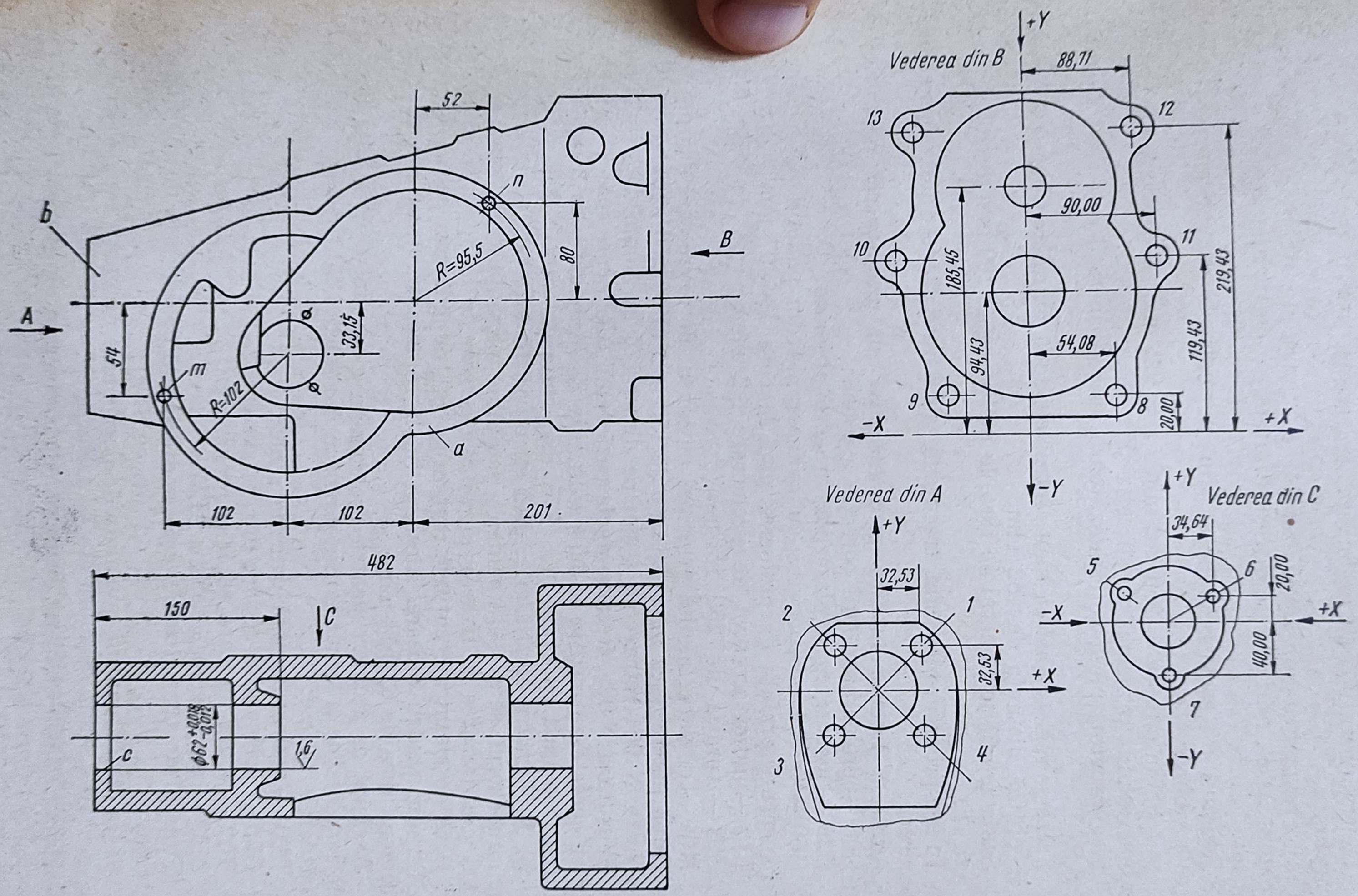

52
b
n
B
A
R=95,5
80
54
m
R=102
33,15
a
102
102
201
482
150
C
c
1,6
Vederea din B
+Y
88,71
13
12
10
11
90,00
185,45
219,43
94,43
54,08
119,43
9
8
20,00
-X
+X
-Y
Vederea din A
+Y
32,53
2
1
32,53
+X
3
4
Vederea din C
+Y
34,64
5
6
20,00
-X
+X
40,00
7
-Y

Fig. 8.10

Dintre operațiile de prelucrare a carcasei, vor fi prezentate cele mai importante.

a) *Prelucrarea suprafeței frontale b.* Suprafața de prelucrat se așază în planul *XOY*. Se folosește o freză frontală, cu cuțite aplicate, cu diametrul 125 mm.

Regimul de așchiere adoptat din normativele republicane are următoarele valori:

$v = 98$ m/min ($n = 250$ rot/min), $s = 0{,}2$ mm/rot (executat de subansamblul axului principal pe direcția Y).

Fișa program-piesă corespunzătoare acestei operații este dată în tabelul 8.8.

Freza se reglează astfel, încît între cele două suprafețe frontale ale piesei să se obțină distanța de 482 mm.

Scula se află în punctul de zero, la înălțimea de 100 mm deasupra piesei pe axa Y.

În fișa program-piesă sînt trecute în cele 6 fraze N toate adresele necesare prelucrării.

Adresele trecute în fișa program-piesă au următoarele semnificații:

D00 — prelucrarea fără corecție a sculei;

G26 — măsurarea deplasărilor în cote absolute;

G60 — indică poziționarea cu avans rapid din punctul de coordonată zero înspre suprafața de prelucrat pînă la cota $Y = 97$ mm;

F12 — indică avansul de prelucrare 0,2 mm;

S23 — turația de 250 rot/min;

M04 — cuplarea axului principal cu sensul de rotire spre dreapta.

După parcurgerea unei distanțe de 150 mm ($Y = 250$ mm), se comandă prin freza N 004 retragerea sculei pe direcția Z cu 3 mm ($Z = -3$ mm).

Prin fraza N 005, freza se deplasează rapid (G60) spre cota $Y = 0$, după care se corectează poziția sculei pe direcția Z, apropiind-o cu 3 mm ($Z = 0$) printr-o comandă cu avans mic ($F = 0{,}4$), dată de fraza N 006.

b) *Prelucrarea alezajului c*, prin strunjire de degroșare și finisare și alezare cu alezorul, se execută pentru a se obține toleranța de 0,03 mm și $R_a = 1{,}6$ μm. Așezarea și fixarea piesei rămîn cele de la operația anterioară.

Bara de alezat are cuțitele reglate la cota de 0,60 mm pentru degroșare și 61,8 mm pentru finisare. Alezarea finală se execută cu un alezor reglabil la dimensiunea de $62^{+0{,}018}_{-0{,}012}$ mm.

Regimul de așchiere pentru prelucrarea alezajului C este ales din normele republicane și trecut în fișa-program din tabelul 8.9. În fraza N 001 sînt următoarele adrese:

D00 — prelucrare fără corecția sculei;

G26 — prelucrarea se face în cote absolute;

T02 — scula cu care se face prelucrarea;

M03 — ax principal, rotație CLW.

Punctul de zero al sculei este la o distanță de 100 mm de suprafața de prelucrat.

Fraza N 002 conține comanda de poziționare cu avans rapid (G60) pînă la distanța de 3 mm de suprafața de prelucrat ($Z = 97$ mm).

Fraza N 003 — conține comanda de prelucrare cu avans de lucru F 12 ($s = 0{,}2$ mm/rot) și turația S26 ($n = 500$ rot/min) cu axul principal cuplat pe dreapta (M 04).

Tabelul 8.8

Fișă program-pentru frezare

Serv. Întreprinderea Biroul Comenzi Numerice		Mașina: WOTAN			FIȘA PROGRAM (clar text)								Întocmit:	Semnat.	Data:								
		Banda:			Piesa:			Nr. Desen:				Nr. Lucru:	Verificat:		Fila:								
Observații	V m/min	n rot/min	s mm/rot	t min	/: 000 /N000	D00 D01 : D09	G25 G26	G40 G43 G44 G45 G47	G60 G62 G65 G66 G67	G90 G93 G94 G97 G98	X ±0000000	Y ±0000000	Z ± 0000000 W ± 0000000	F00	S00	T00	M00 M01 M02 M30	M03 M04 M05	M08 M09	M10 M40 M80 M20
Frezarea suprafeții	98	250	92	3	: 001	D00	G26					Y 00000								
frontale „b”					N002				G60			Y 00097	Z 00000		S00			M03		
					N003							Y 00250		F12	S23	T01		M04		
					N004								– Z00003	F12						
					N005				G60			Y 00000								
					N006		G26						Z 00000	F04						

Întreprinderea Serviciul Biroul comenzi numerice		Mașina: WOTAN Bandă:			Piesa:			FIȘA PRO (clar Nr. De		
Observații	V (m/ min)	n (rot/ min)	s (mm/ rot	t (min)	/:000 /N000	D00 D01 : D02	G25 G26	G40 G43 G44 G45 G47	G60 G62 G65 G66 G67	G90 G93 G94 G97 G98
Strunjire alezaj „C”										
degroșare cu	94	500	02	2	: 001	D00	G26			
cuțit la ø 60					N002				G60	
					N003					
					N004				G60	
					N005					
					N006					
					N007				G62	
Finisare cu	123	630	0,12	0,9	: 008	D00	G26			
Cuțit la ø 61,8					N009				G60	
					N010					
					N011				G60	
					N012					
					N013					
					N044				G62	
alezare cu	9,76	45	1,5	0,175	: 015	D00	G26			
alezor la 62					N016				G60	
					N017					
					N018				G60	
					N019					
					N020					
					N021				G62	

pentru strunjire

GRAM text)		Întocmit:		Semnat.				Data	
sen:	Nr. Lucru:	Verificat:						Fila:	
X ± 0000000	Y ± 0000000	Z ± 0000000 W ± 0000000	F00	S00	T00	M00 M01 M02 M03	M03 M04 M05	M08 M09	M10 M140 M80 M20
		Z00000			T02		M03		
		Z00097							
		Z00115	F12	S26			M04		
		Z00227							
		Z00225	F12						
							M05		
		Z00000					M03		
		Z00000			T03		M03		
		Z00097							
		Z00115	F09	S27			M04		
		Z00227	F09						
		Z00255							
							M05		
		Z00000					M03		
		Z00000			T04		M03		
		Z00097	F22						
		Z00150		S14			M04		
		Z00227	F22						
		Z00300							
							M05		
		Z00000					M03		

Fraza N 004 indică deplasarea sculei cu avans rapid (G60) după ce a ieșit din primul alezaj, pînă la cota $Z = 227$ mm, după care urmează prelucrarea cu avans normal de lucru (F12) pînă la cota $Z = 255$, prelucrare indicată în fraza N 005 pentru cel de al doilea alezaj, coaxial cu primul.

Fraza N 006 conține comanda de inversare a sensului de rotație al axului principal (adresa M 05).

Fraza N 007 conține comanda de oprire (M 03).

Prelucrarea de finisare este programată în fișă în mod similar cu operația anterioară, cu aceleași cote de poziționare în direcția Z, dar cu alte valori ale regimului de așchiere.

Finisarea cu alezorul reglat la cota $62^{+0,018}_{-0,012}$ mm este programată asemănător cu prelucrările anterioare, cu deosebirea că sînt diferite atît elementele regimului de așchiere, cît și cotele de poziționare în lungul axei Z, din cauza lungimii mai mari a alezorului.

c) *Prelucrarea găurilor pe flanșele A, B, C* se execută cu păstrarea schemei anterioare de bazare și fixare a piesei, aducînd în poziție de lucru diferitele suprafețe, prin rotirea ei odată cu masa mașinii, prelucrîndu-se mai întîi găurile *1*, *2*, *3*, *4* apoi și *5*, *6*, *7* și apoi *8*, *9* ... *13* (fig. 8.10), după care se execută filetarea găurilor *11*, *10* ... *1* (fig. 8.11).

Fișa program de prelucrare a găurilor este prezentată în tabelul 8.10 și cuprinde pentru exemplificare prelucrarea găurilor *8* ... *11* cu frazele corespunzătoare de la 24 la 71.

Adresele pentru gaura 8 sînt următoarele:

D00 — fără corecția poziției sculei;

G26 — cotele în sistemul de referință absolut;

G60 — axul principal adus cu avans rapid la cotele $X = 54,08$ mm și $Y = 20,00$ mm, $Z = 0$.

La comanda G62 scula, care este un burghiu cu diametrul de 8,3 mm, se apropie cu avans rapid de suprafața de prelucrat la cota $Z = 97$ mm, păstrînd o distanță de siguranță de 3 mm.

Prin fraza următoare N 026, începe operația de prelucrare cu avansul F12 ($s = 0,2$ mm/rot) și turația S29 ($n = 1000$ rot/min) pînă la cota $Z = 124,50$ mm.

După terminarea prelucrării, se comandă prin adresa G62 din fraza N027 retragerea sculei în punctul $Z = 97$ mm.

Prin fraza N 028 se aduce axul principal cu avans rapid la cotele din planul XY corespunzătoare găurii 9, ciclul de lucru repetîndu-se.

La filetare, se prevede comanda de inversare a sensului de rotire a sculei la sfîrșitul prelucrării M 05, se readuce axul în poziție inițială, ca apoi prin adresa M 03 să se oprească rotația sculei în vederea unei noi prelucrări.

Pe baza fișei program-piesă, pe mașini speciale se execută benzile perforate în codul ISO sau PC-8 B.

Programarea asistată

Programarea pe calculator necesită următoarele lucrări:

— recotarea piesei în funcție de sistemul de referință pe mașina-unealtă;

— întocmirea unui plan de operații sau a unei fișe tehnologice transmise în limbajul convențional tehnologic;

— întocmirea fișei program-piesă scrisă în limbajul calculatorului APT, EXAPT, IFAPT;

— pe baza fișei program-piesă se execută, pe mașini speciale, cartelele perforate, care constituie programul calculatorului;

— prin introducerea cartelelor perforate în calculator, se obține banda perforată în codul ISO sau PC-8B, care constituie programul mașinii.

La întocmirea fișei program-piesă se folosesc trei categorii de instrucțiuni și anume:

— instrucțiuni generale, referitoare la mașina-unealtă, la piesa de prelucrat, material etc.;

— instrucțiuni geometrice, care definesc suprafețele ce trebuie prelucrate;

— instrucțiuni tehnologice, care definesc operațiile și condițiile de prelucrare.

Pentru exemplificarea programării asistate, se prezintă programul pentru prelucrarea găurilor 1 ... 10 de la carcasa din figura 8.10.

Prelucrarea se face pe mașina-unealtă MCWOTAN B 75 T. Piesa este recotată în raport cu sistemul de referință al mașinii-unelte (fig. 8.11).

Programul prelucrării în limbajul EXAPT este următorul:

```
1) PARTNØ/CARCASA Nr.
2) MACHIN/WOTAN B 75 T
3) MACHIN/PP1
4) MACHDT/9, 0.025, 1600, 5.6, 1200
5) PART/MATERL, 100
6) CLPRNT
7) TRANS/150, 200, 100
8) SAFPØS/O, 0,90
9) REMARK/DEFINIȚII GEØMETRICE
10) ZSURF/90
11) P1 = PØINT/35.54, 64.01,0
12) P2 = PØINT/20,00, 141.70,0
13) P3 = PØINT/71.73, 212.75, 0
14) P4 = PØINT/154.76, 219.52, 0
15) P5 = PØINT/236, 249.65, 0
16) P6 = PØINT/306.24, 201, 90, 0
17) P7 = PØINT/306, 24, 106.40, 0
18) P8 = PØINT/248.25, 61.90, 0
19) P9 = PIØNT/171.29, 30.77, 0
20) P10 = PØINT/101.33, 20, 0
21) REMARK/INSTRUCȚIUNI TEHNØLØGICE
22) BØHR = DRILL/SØ, DIAMET, 6.6, DEPTH, 16, TØØL, 03
23) GEWIN = TAP/DIAMET, 8, DEPTH, 10, TAT, 1, TØØL, 04
24) REMARK/INSTRUCȚIUNI DE EXECUȚIE
25) CØØLNT/ØN
26) CLDIST/5
27) FRØM/O, 0, 90
28) WØRK/BOHR
29/ GØTØ/P1
30) GØTØ/P2
31) GØTØ/P3
32) GØTØ/P4
```

```
33) GØTØ/P5
34) GØTØ/P6
35) GØTØ/P7
36) GØTØ/P8
37) GØTØ/P9
38) GØTØ/P10
39) WØRK/TAP
40) GØTØ/P1
41) GØTØ/P9
42) GØTØ/P8
43) GØTØ/P7
44) GØTØ/P6
45) GOTO/P5
46) GOTO/P4
47) GOTO/P3
48) GOTO/P2
49) GOTO/P1
50) COOLNT/OFF
51) GOTO/0, 0, 90
52) FINI
```

Instrucțiunile au următoarele semnificații:

1 — identificarea piesei;
2 — mașina-unealtă de prelucrat;
3 — post procesorul;
4 — caracteristicile mașinilor-unelte;
5 — materialul piesei;
6 — comanda imprimării datelor intermediare furnizate de calculator;
7 — poziția sculei în sistemul de referință al piesei;
8 — coordonatele punctului de start al sculei;
9 — încep instrucțiunile de prelucrare;
10 — arată că scula se află deasupra piesei la o distanță de 90 mm;
11 ... 20 — prezintă coordonatele punctelor P1 ... P10 pentru prelucrarea celor 10 găuri;
21 — încep instrucțiunile tehnologice;
22 — arată prelucrarea de găurire, cu un burghiu de 6,6 mm, pe adîncime de 16 mm;
23 — prelucrarea de filetare cu tarod M8, pe adîncimea de 10 mm;
24 — arată începerea instrucțiunilor de execuție;
25 — comandă pornirea lichidului de răcire;
26 — se stabilește o distanță de siguranță de 5 mm față de piesa de prelucrat;
27 — deplasarea sculei din poziția de start;
28 — începerea prelucrării de găurire;
29 ... 38 — prelucrarea găurilor P1 ... P10
39 — începerea prelucrării filetului;
40 ... 49 — filetarea găurilor P1 ... P10;
50 — oprirea lichidului de răcire;
51 — revenirea sculei în poziția de start;
52 — oprirea mașinii-unelte și a programului.

2. Să se întocmească programarea manuală a capacului din figura 8.12 pe mașina de găurit și alezat KOLB-KBN 40 care are următoarele caracteristici:

— suprafața mesei ... 1 000 × × 1200 mm;

— distanța între coloane ... 1900 mm;

— deplasarea mesei în direcția X ... 1 000 mm;

— deplasarea capului de găurit în direcția Y ... 1 000 mm;

— deplasarea traversei în direcția axei Z ... 700 mm;

— deplasarea pinolei în direcția axei Z ... 300 mm;

— gama turației axului principal: 40 ... 1 700 rot/min;

— numărul turațiilor axului principal ... 12;

— gama avansului pinolei: 0,06 ... 2 mm/rot;

— numărul avansurilor pinolei ... 6;

— viteza de deplasare rapidă a mesei și a capului de găurit ... 6 500 mm/min;

— numărul axelor comandate numeric ... 2 (axele X și Y)

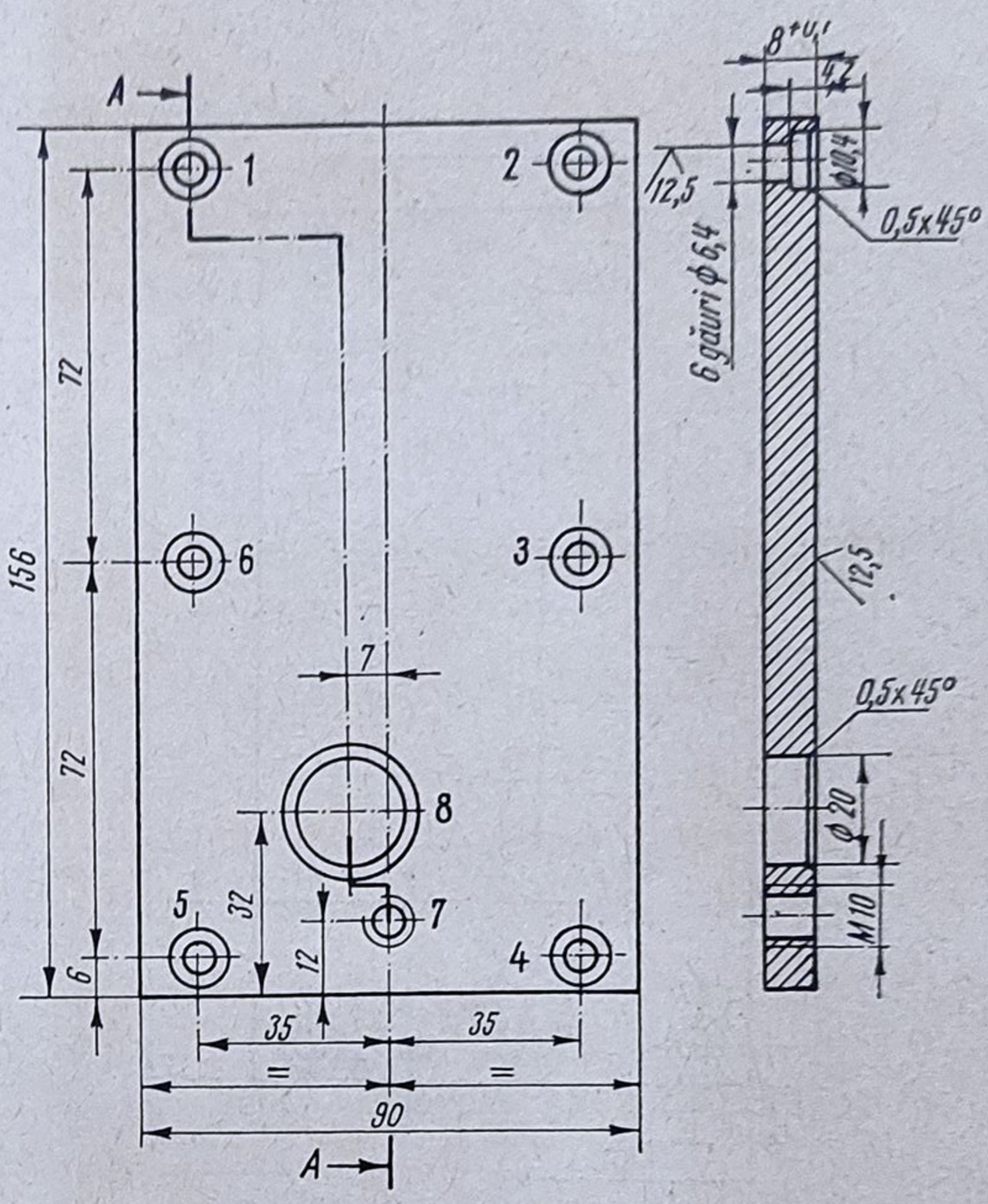


Fig. 8.12

— sistemul de comandă: comandă de poziționare;

— sistemul de măsură: digital incremental;

— increment minim de deplasare ... 0,01 mm;

— precizia de poziționare ... 0,02 mm;

— precizia de repetabilitate ... 0,01 mm.

Deplasările mesei și capului de găurit pot fi comandate:

— manual, folosind comutatoarele decadice;

— automat, folosind banda perforată.

Deplasarea de-a lungul axei Z, care dă adîncimea de găurit, se obține cu ajutorul camelor, în care scop, mașina-unealtă este adoptată cu un tambur cu 8 came pentru obținerea diferitelor adîncimi de prelucrare.

Camele sînt selectate de către banda perforată.

Turațiile, avansurile și sculele se schimbă manual.

Sistemul de coordonate al mașinii-unelte este arătat în figura 8.13.

Sistemul de măsurare a deplasărilor este incremental. Desenul de prelucrare

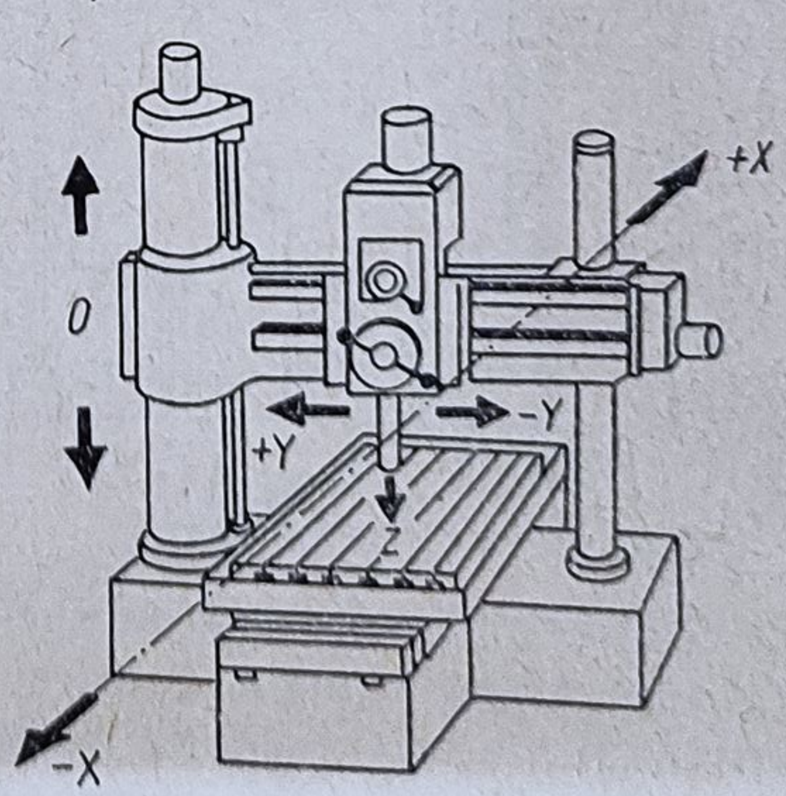


Fig. 8.13

a piesei (capacului) pe mașina KOLB-KBN40 este arătată în figura 8.14.

Schema de fixare a piesei pe mașina de găurit și alezat KOLB-KBN40- este indicată în figura 8.15.

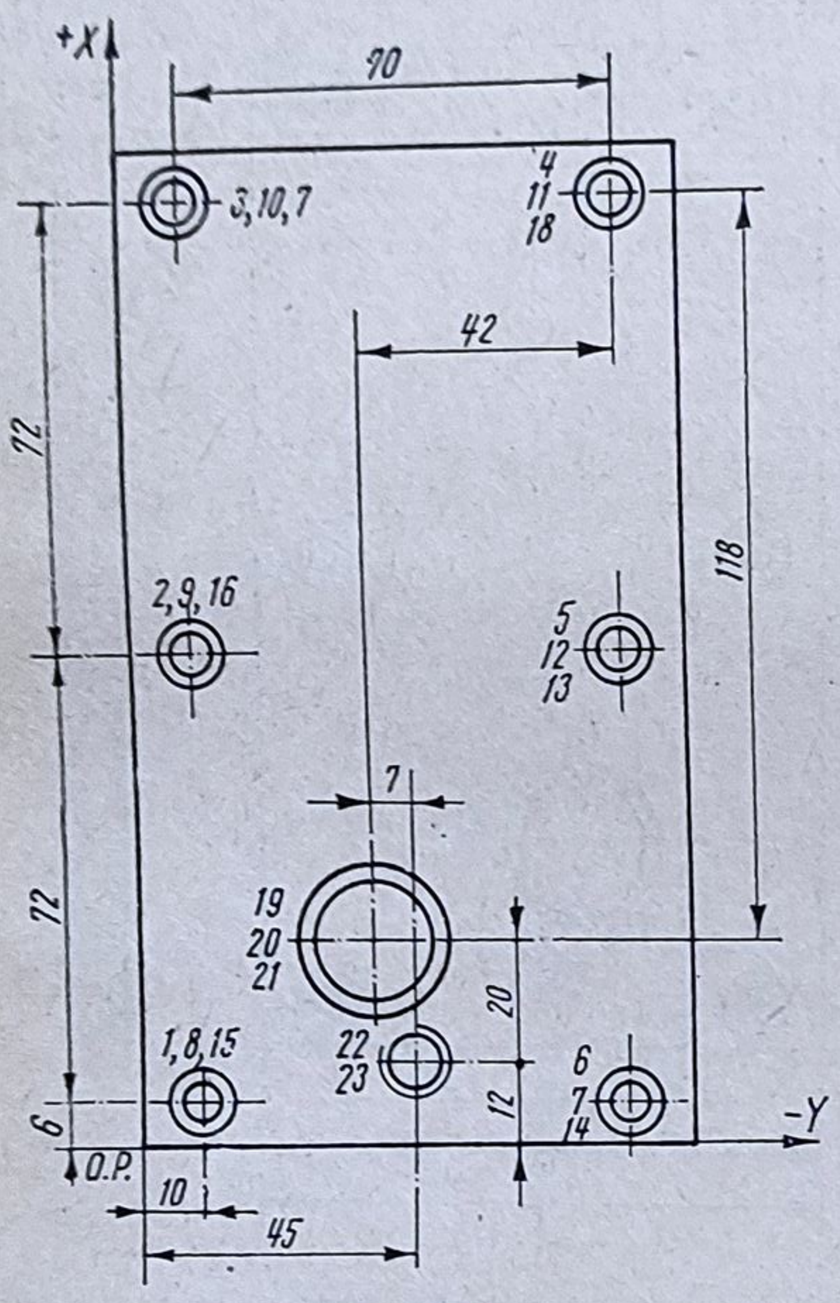


Fig. 8.14

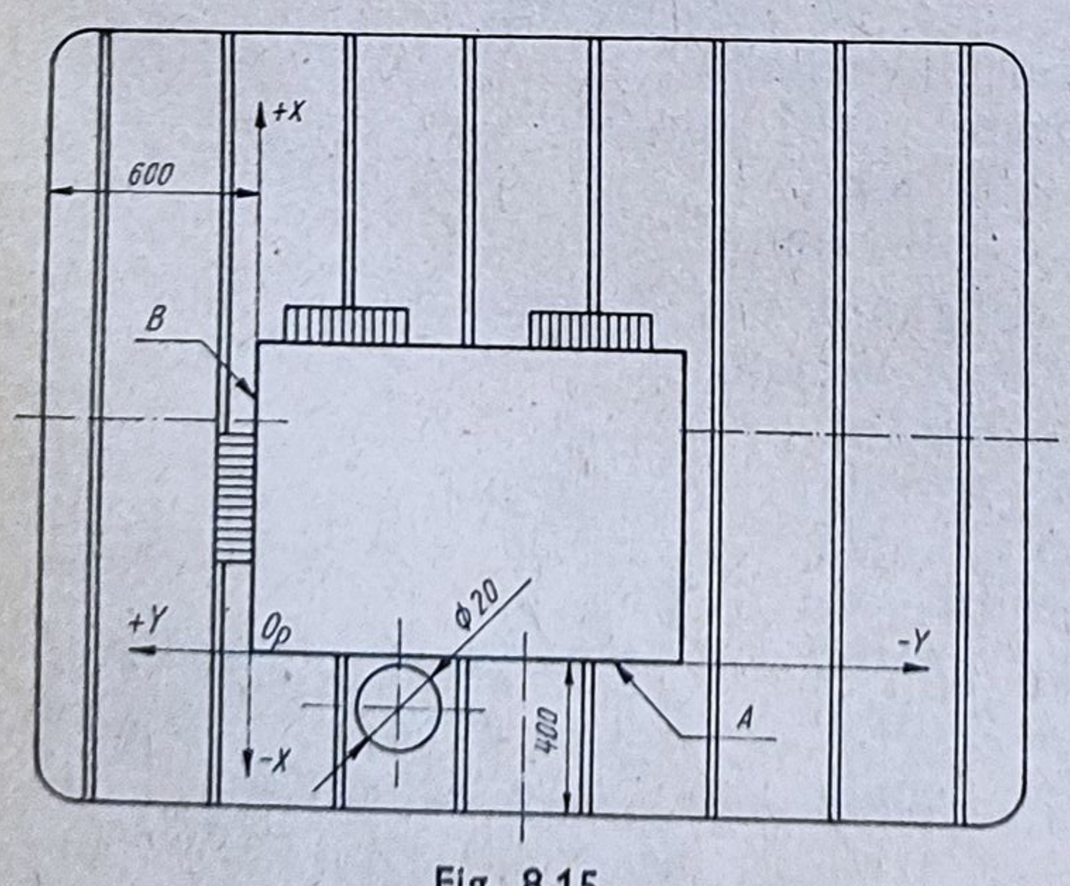


Fig. 8.15

Punctul de zero al mașinii a fost fixat pe piesă și deci este imobil. În scopul coinciderii punctului de zero al mașinii cu originea sistemului de referință al piesei, se procedează astfel:

Se fixează piesa pe masa mașinii. Se introduce în axul principal al mașinii un dorn și se deplasează manual masa mașinii pînă ce suprafața *A* a piesei devine tangentă la dornul cu diametrul de 20 mm. Se deplasează pe verticală axul principal al mașinii împreună cu dornul, pînă cînd acesta din urmă nu mai este în contact cu suprafața piesei. Se deplasează masa mașinii cu ajutorul comutatoarelor decadice pe direcția *X* cu valoarea — 10 astfel încît axa dornului și a arborelui principal să se afle în planul suprafeței *A*.

Se deplasează apoi masa mașinii, astfel încît dornul să fie tangent la suprafața *B*. După ridicarea pe verticală a dornului și deplasarea lui spre suprafața *B*, cu o mărime egală cu raza (10 mm) — axa dornului și a arborelui principal se află în originea axelor de coordonate. Punctul de zero al mașinii coincide cu originea sistemului de referință al piesei care devine și punctul de start din care se începe ciclul de lucru.

Planul de reglare al sculelor se întocmește ținînd seama de felul operațiilor și de forma piesei, folosindu-se în acest scop și un catalog de scule. La prelucrarea piesei, din exemplul prezentat se folosesc numai scule normale. Deoarece deplasările sculelor în lungul axei *Z* se face manual, nu este necesară prereglarea lor în ceea ce privește lungimea și din această cauză nu s-a efectuat un plan de reglare al sculelor.

Toate datele necesare efectuării fazelor de lucru, privind succesiunea lor, sculele, parametrii regimului de așchiere, sînt cuprinse în planul de operații din tabelul 8.11.

Operații pentru prelucrarea capacului *Tabelul 8.11*

Întreprinderea				PLAN DE OPERAȚII	Program nr. 2		Denumirea piesei capac		Întocmit	Fila nr.
Biroul de program.					Nr. desen		Mașina-unealtă KOLB-KBN40		Data	Nr. file
Nr secv.	±	X	±	Y	Scula	Nr.canal cama	*n* (rot/ /min)	*s* (mm/ /rot)	Denumirea operației	Observații
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	+	6.00	—	10.00	Burghiu Ø 6,4	1	1 250	0,17	Găurire	
2	+	72.00				1				
3	+	72.00				1				
4			—	70.00		1				
5	—	72.00				1				
6	—	72.00				1				
7					Adîncitor Ø 10,4×6,4	2	900		Lamare 4,2	Schimb. sculă
8			+	70.00		2				
9	+	72.00				2				
10	+	72.00				2				
11			—	70.00		2				
12	—	72.00				2				
13					Teșitor 45°	3			Teșire 0,5×45°	Schimb. sculă
14	—	72.00				3				
15			+	70.00		3				
16	+	72.00				3				
17	+	72.00				3				
18			—	70.00		3				
19	—	118.00	+	42.00	Burghiu Ø 10	4	900	0,17	Găurire Ø 10	Schimb. sculă
20					Lărgitor Ø 20	4	450	0,25	Lărgire Ø 20	Schimb. sculă
21					Teșitor 45°	5			Teșire 0,5×45°	Schimb. sculă
22	—	20.00	—	7.00	Burghiu Ø 8	6	1250	0,17	Găurire Ø 8	Schimb. sculă
23					Tarod M10	6	230		Filetare M 10	Schimb. sculă
24	—	12.00	+	49.00						Înapoiere în
25										punctul „OP“

Sistemul de măsurare al deplasărilor este punct cu punct (incremental). Valorile coordonatelor X și Y din planul de operații reprezintă proiecțiile pe cele două axe de coordonate ale distanței dintre două puncte succesive de prelucrare. Sensul de deplasare al sculei sau al piesei este indicat cu semnul + sau —.

Deplasarea în lungul axei Z se face cu ajutorul camelor. În acest scop, în planul de operații în coloana a 7-a, s-au specificat numerele de ordine ale canalelor tamburului cu came care comandă deplasarea în lungul axei Z. În tabelul program-piesă, aceste date vor fi codificate și înscrise ca adrese auxiliare. Banda perforată, care conține datele codificate privind canalele tamburului cu came, va comanda și selecta canalul tamburului corespunzător numărului secvenței.

Conform instrucțiunilor de programare ale mașinii de găurit, KOLB-KBN40, cele 8 canale pe care se montează camele au codurile 10 ... 80 pentru operațiile ce nu necesită inversarea sensului de rotație a axului, principal găurire, alezare, lărgire etc.

În cazul filetării, cînd este necesară inversarea sensului de rotație al tarodului pentru extragerea lui, codificarea canalelor se face adăugînd cifra 2 în fața cifrelor de cod corespunzătoare operațiilor specificate mai înainte, după cum se arată în tabelul 8.12.

Tabelul 8.12

Codificare pentru inversarea sensului

Numărul canalului cu came	Funcții auxiliare adresa *d*	
	Găurire	Filetare
1	10	210
2	20	220
3	30	230
4	40	240
5	50	250
6	60	260
7	70	270
8	80	280

În tabelul program-piesă se înscriu adresele geometrice (coordonatele X și Y) în care se efectuează prelucrarea, adresele α (numărul de cod al camelor). Coloanele privind unghiul de rotire (r), viteza de avans (h), viteza de rotație (a) și scula de lucru (n), nu se completează, deoarece schimbarea lor se face manual.

Tabelul program-piesă, completat pentru prelucrarea piesei din figura 8.12 este dat de tabelul 8.13.

Se observă că în coloana canalelor de camă apare și cifra zero, care arată că ciclul automat de lucru se întrerupe pentru a avea loc schimbarea sculei. Oprirea mașinii prin programarea cifrei zero este posibilă la mașina de găurit și alezat KOLB-KBN40 pentru că este dotată cu echipamentul de comandă numerică corespunzător. Reluarea ciclului automat de lucru se face printr-o comandă manuală dată de muncitor după schimbarea sculei

Faze pentru prelucrarea capacului

Tabelul 8.13

Întreprinderea	TABEL PROGRAM PIESĂ	Program nr. 2	Denumirea piesei capac	Întocmit	Fila nr.
Biroul de programare		Nr. desenului	Mașina-unealtă KOLB-KBN 40	Data	Nr. de file

Nr. secv	X	Y	Z	Unghi de rotire r	Viteza de avans h	Vit. de rotație a	Sculă n	canal pt cama d	Denumirea operației	Observații
1	+ 6.00	−10,00						10	Găurire Ø 6,4	
2	+ 72.00							10	Găurire Ø 6,4	
3	+ 72.00							10	Găurire Ø 6,4	
4		− 70.00						10	Găurire Ø 6,4	
5	− 72.00							10	Găurire Ø 6,4	
6	− 72.00							10	Găurire Ø 6,4	
7								0	Schimbare sculă adîncitor	
8								20	Lamare Ø 10,4×42	
9		+70.00						20	Lamare Ø 10,4×42	
10	+ 72.00							20	Lamare Ø 10,4×4,2	
11	+ 72.00							20	Lamare Ø 10,4×4,2	
12		−70.00						20	Lamare Ø 10,4×4,2	
13	− 72.00							20	Lamare Ø 10,4×4,2	
14								0	Schimbare sculă teșitor	
15								30	Teșire 0,5×45°	
16	− 72.00							30	Teșire 0,5×45°	
17		+70.00						30	Teșire 0,5×45°	
18	+ 72.00							30	Teșire 0,5×45°	
19	+ 72.00							30	Teșire 0,5×45°	
20		−70.00						30	Teșire 0,5×45°	
21								0	Schimbare sculă Burghiu Ø 10	
22	−118.00	+42.00						40	Găurire	
23								0	Schimbare sculă Lărgitor Ø 20	
24								40	Lărgire	
25								0	Schimbare sculă Teșitor	
26								50	Teșire 0,5×45°	
27								0	Schimbare sculă burghiu Ø 8	
28	− 20.00	− 7.00						60	Găurire	
29								0	Schimbare sculă tarod M 10	
30									Filetare	
31	− 12.00	+45.00							Deplasare în poziția zero piese	
32								0	Stop program	

şi a parametrilor regimului de aşchiere. Executarea piesei se face pe baza următoarelor documente de programare:

— desenul de execuţie a piesei;
— planul de prindere a piesei pe masa maşinii;
— tabelul program-piesă;
— banda perforată.

Pentru obţinerea benzii perforate, datele din tabelul program-piesă se codifică după codul ISO sau PC-8 B cu ajutorul unei maşini de scris speciale, care pentru fiecare cifră, literă sau semn execută perforaţii în bandă, conform codului respectiv. Banda perforată astfel obţinută, constituie tabelul program-maşină.

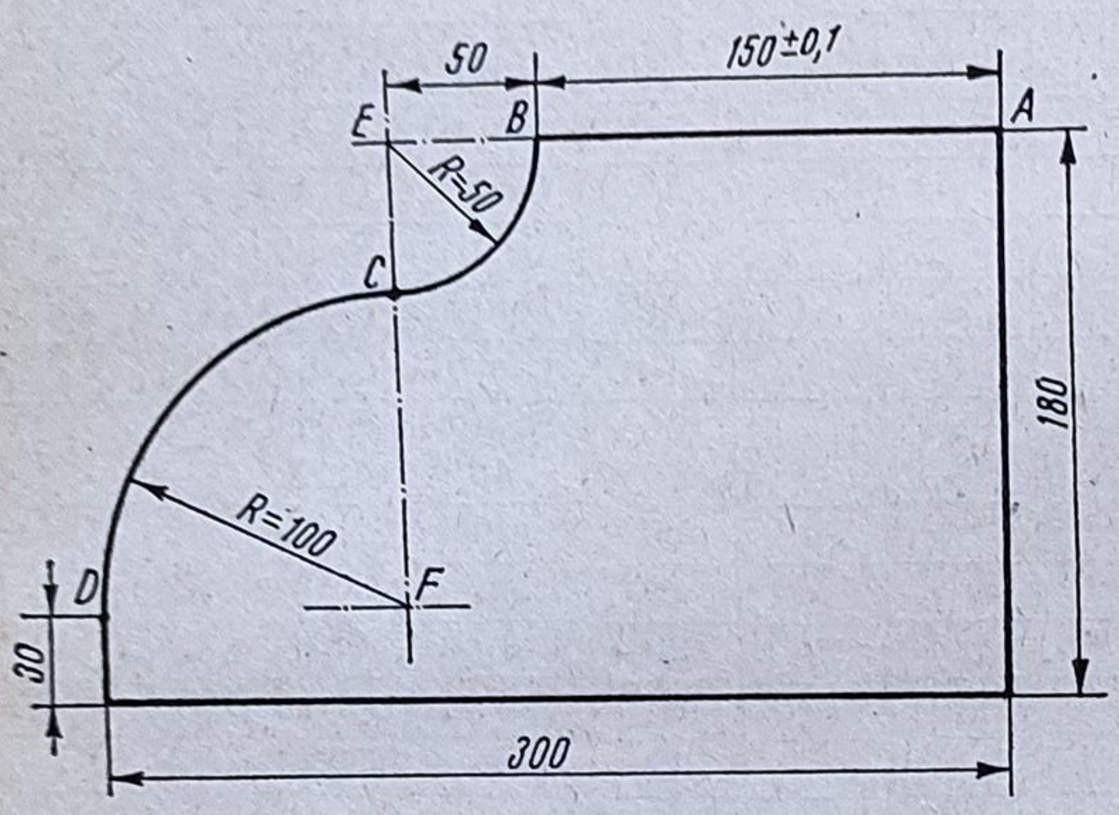


Fig. 8.16

3. Să se efectueze programarea asistată a conturului circular al plăcii din figura 8.16 pe maşina de frezat Graffenstaden FB616SD.

Maşina de frezat FB616 SD este echipată cu comandă numerică de conturare ALCATEL şi are următoarele caracteristici:

— dimensiunile mesei ... 630 × 2 200 mm;
— deplasarea longitudinală a mesei în direcţia axei X ... 1 600 mm;
— deplasarea transversală a saniei port-sculă în direcţia axei Z ... 630 mm;
— deplasarea verticală a capului de frezat în direcţia axei Y ... 800 mm;
— viteza de rotaţie (variabilă continuu) a axului principal: 40 ... 2 500 rot/min;
— viteza maximă de conturare ... 200 mm/min;
— viteza maximă de prelucrare liniară ... 6 000 mm/min;
— viteza de deplasare rapidă ... 6 000 mm/min;
— increment minim de deplasare ... 0,01 mm;
— precizia de repetabilitate ... ± 0,0005 mm;
— punctul de zero ... deplasabil pe toate axele;
— sistemul de comandă: comandă prin conturare, după 3 axe cu interpolare liniară şi circulară;
— modul de introducere a datelor: bandă perforată cu 8 piste.

Maşina de frezat FB616CD în echipamentul de conturare ALCATEL foloseşte un calculator denumit în mod obişnuit calculator care trimite organelor mobile impulsuri de comandă de o anumită frecvenţă, astfel încît viteza tangenţială în lungul conturului să fie egală cu viteza de avans programată.

Programarea operaţiilor de frezare a conturului este simplificată de existenţa unui dispozitiv de corecţie a razei sculei care asigură conturul real al piesei. Calculele privind concordanţa dintre centrul frezei şi profilul piesei, se fac automat şi în mod continuu.

Echipamentul de conturare asigură corecţia de uzură şi de lungime a sculei, ceea ce simplifică programarea, evitîndu-se calculele care să ţină seama de dimensiunile sculelor.

Programarea se poate face manual sau cu calculatorul (asistat).

Programarea manuală are loc în cazul pieselor cu profile compuse, din segmente de dreaptă şi arce de cerc, cînd interpolatorul liniar şi circular comandă scula să urmeze traiectoria programată manual.

Programarea asistată se utilizează în cazul pieselor cu profile complexe definite matematic sau prin puncte, cînd cu ajutorul calculatorului traiectoria se obţine printr-o succesiune de segmente de dreaptă, cu abateri de la conturul real, în limita toleranţelor.

Interpolatorul liniar comandă scula să parcurgă segmentele de dreaptă.

Limbajul de programare este ADAPT. În cazul maşinii de frezat FB616SD se foloseşte cotarea relativă.

Conţinutul unui bloc de pe banda perforată este de forma:

N3G2 × ± 3·2 Y ± 3·2 Z ± 3·2 H 3·2 J3·2 K 3·2 F6 RS2 P2 T25 M2.

Adresele H, J, K dau coordonatele centrului unui arc de cerc care se va obţine prin interpolare circulară.

R — adresă care programează deplasările pentru poziţionare cu viteză rapidă;

P — adresă care comandă afişarea (vizualizarea) numărului sculei şi a vitezei de rotaţie pe pupitrul de comandă.

Piesa ce urmează să fie supusă prelucrării (fig. 8.16) este o placă din fontă Fc20. Frezarea de degroşare a conturului *ABCD* se face cu o freză frontală din oţel rapid cu diametrul ⌀ 30 mm.

Adaosul de prelucrare prevăzut în vederea prelucrării este de 10mm. Se adoptă următorul regim de aşchiere:

$v = 15$ m/min, avans $w = 100$ mm/min.

Pentru prezentarea modului de prindere a piesei pe masa maşinii de frezat, orientarea sistemului de coordonate al maşinii şi punctul de start, s-a întocmit figura 8.17.

La programarea maşinii se foloseşte cotarea relativă. Din această cauză şi desenul piesei din figura 8.16 a fost cotat în mod corespunzător.

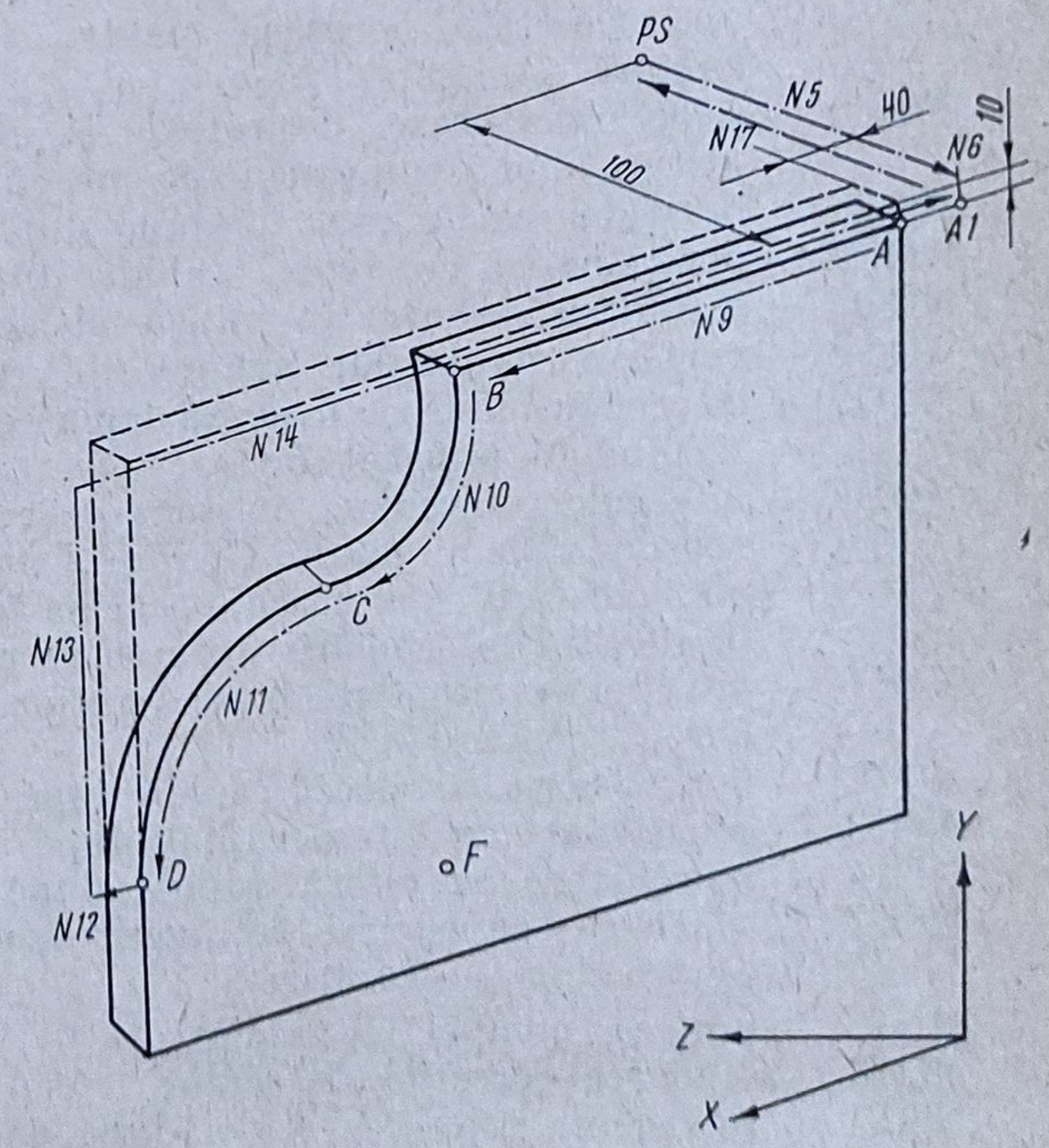


Fig. 8.17

Dintre adresele G și M, au fost folosite pentru programare următoarele:

G00 — poziționare;
G01 — interpolare liniară;
G02 — interpolare circulară cu sens antiorar;
G03 — interpolare circulară cu sens orar;
G05 — anularea temporizării comandată de banda perforată;
G06 — anularea temporizării comandată manual;
G17 — interpolare în planul X, Y;
G40 — anularea corecției sculei;
G43 — corecție de poziționare a sculei deasupra conturului de prelucrat;
G47 — corecție de lungime a sculei în lungul unei axe paralele cu axa Z;
M00 — STOP program;
M02 — sfîrșitul programului;
M03 — rotirea axului principal în sens orar;
M08 — comandă pornirea pompei de răcire;
M09 — comandă oprirea pompei de răcire.

Secvențele din programul de prelucrare a plăcii din tabelul program-piesă (tab. 8.14) au semnificațiile următoare:

N001 — alegerea planului de interpolare; din schema de fixare a piesei pe masa mașinii-unelte, planul de interpolare este XOY;
N002 — poziționarea sculei deasupra piesei ce se prelucrează, înainte de prelucrare, care se realizează cu ajutorul adresei G43;
N003 — poziționarea sculei în raport cu piesa în lungul axei Z; această operație este necesară pentru frezarea suprafeței dintr-o singură trecere;
N004 — selectarea vitezei de rotație și afișarea numărului sculei și al turațiilor axului principal pe pupitrul de comandă;
N005 — poziționarea cu viteză rapidă după axa Z;
N006 — poziționarea cu viteză rapidă după axa Y;
N007 — stabilirea sensului de rotație al axului principal — sens orar;
N008 — pornirea motorului pompei de răcire;
N009 — interpolare liniară; masa se deplasează după axa X din punctul A pînă în punctul B;
N010 — interpolare circulară în sens orar; valorile X și Y definesc coordonatele punctului C; H și J sînt cotele în valoare absolută ale centrului E al cercului căruia îi aparțin punctele B și C; la sfîrșitul interpolării freza se va găsi în punctul C;
N011 — interpolare circulară în sens antiorar; se descrie arcul de cerc CD cu centrul în F;
N012 — poziționarea cu viteză rapidă după axa X;
N013 — poziționare cu viteză rapidă după axa Y;
N014 — poziționare cu viteză rapidă după axa Z;
N012 ... ... N014 — corespund retragerii sculei din contact cu piesa după terminarea frezării;
M015 — oprirea pompei de răcire;
N016 — anularea corecției de sculă;
N017 — retragerea rapidă a sculei după axa Z;
N018 — sfîrșitul programului, cînd se revine la punctul de start.

Tabelul 8.14

Secvențe pentru prelucrarea plăcii

Biroul de programare			TABEL PROGRAM-PIESĂ							Data			
Mașina-unealtă FB-616 SD			Întocmit			Denumirea piesei. *Placă*				Fila nr.			
N	G	X	Y	Z	H	J	K	F	R	S	P	T	M
N 001	G17												
N 002	G43												
N 003	G47												
N 004	G06									S35	P02	T01	
N 005	G00			Z−10 000					R				
N 006	G00		Y−1 000						R				
N 007	G05												M03
N 008	G05												M08
N 009	G01	X−19000						F 161 025					
N 010	G02	X+5 000	Y−5 000		H 5 000	J0		F 141 008					
N 011	G03	X−10 000	Y−10 000		H0	J 10 000		F 151 008					
N 012	G00	X−10 000							R				
N 013	G00		Y+16 000						R				
N 014	G00			Z+3 500					R				
N 015	G05												M09
N 016	G40												
N 017	G00			Z+10 000					R		P		
N 018	G06												M02

Pentru obținerea benzii perforate, datele din tabelul program-piesă se codifică după codul ISO sau PC-8 B cu ajutorul unei mașini de scris speciale, care pentru fiecare cifră, literă sau semn, execută perforații în bandă, conform codului respectiv.

În cazul programării asistate, se transpune conținutul tabelului program-piesă în limbajul ADAPT, după care se codifică cu calculatorul.

4. Să se întocmească tabelul program-mașină (fișa program-mașină) pentru piesa din figura 8.18, utilizîndu-se pentru prelucrare strungul-revolver SR. 100 NC cu comandă numerică, cu *2* suporturi de lucru cu batiu înclinat. Se convine ca suportul din dreapta să fie suportul *1*, iar cel din stînga suportul *2*.

a) *Caracteristicile tehnice principale ale mașinii* sînt următoarele:

— diametrul maxim de prelucrat:
  — peste ghidajele batiului ... 630 mm;
  — peste sania suportului de lucru ... 340 mm;
  — pentru bare ... 100 mm;
— cursa longitudinală ... 1 000 mm;
— cursa transversală ... 400 mm;
— numărul gamelor turației ... 5;
— numărul treptelor cutiei de viteză ... 8;
— numărul treptelor cutiei de avans ... 16.

Echipamentul de comandă numerică — NUMEROM 224-4 — realizează poziționarea și prelucrarea liniară după patru axe (două axe pentru fiecare suport). Din acest motiv există două origini de coordonate ale mașinii-unelte, cîte una pentru două axe aferente unui suport.

La stabilirea originilor mașinii-unelte (date de reglarea traductoarelor), s-au avut în vedere recomandările ISO care prevăd ca originea sistemului de coordonate să se afle pe axul principal al mașinii axa *X* să fie orientată după sensul de retragere a sculei, iar *Z* să fie orientată de la platou spre pinolă.

Datorită faptului că echipamentul are prevăzută posibilitatea deplasării originii numai după axele *Z* și *W*, iar corecțiile sculei nu au semn, originile au fost deplasate cu aproximativ 100 mm sub axa mașinii. Dispunerea celor patru axe ale mașinii este arătată în figura 8.19.

Poziția sculei în raport cu sistemul de coordonate al mașinii-unelte este dată de traductoare de poziție analogice absolute.

Puterea de rezoluție pentru poziționarea pe axa transversală este de 10 μm, iar pe axa longitudinală este de 10 μm.

Codificările utilizate și valorile turațiilor normale și ale avansurilor longitudinale și transversale ale mașinii-unelte SR 100 NC sînt trecute în tabelele 8.15 și 8.16.

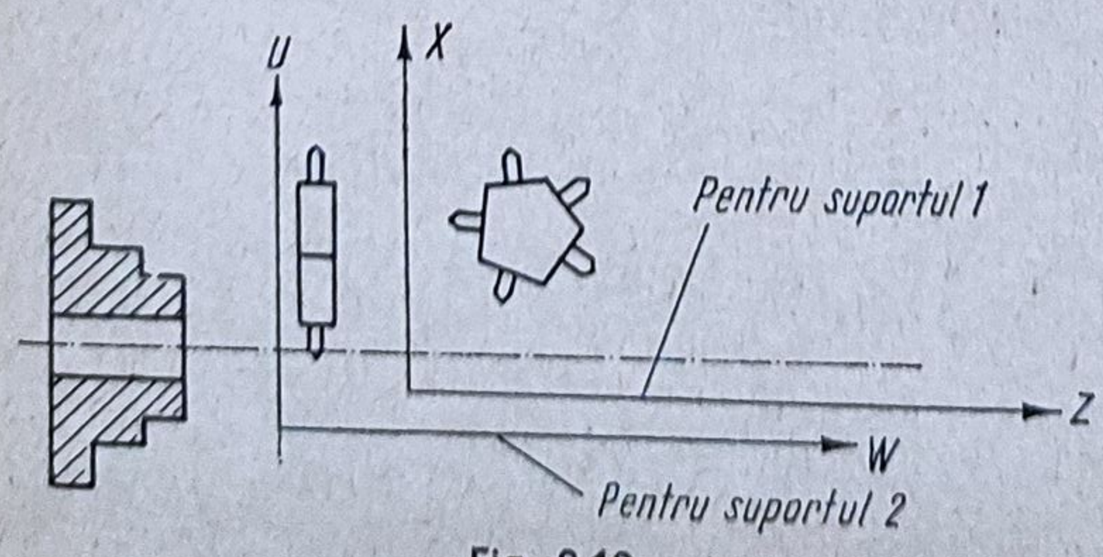


Fig. 8.19

b) *Scule folosite.* Pentru executarea piesei conform desenului de execuție s-au folosit două cuțite de strung cu plăcuțe din carburi metalice aplicate mecanic.

Dispoziția sculelor este următoarea:

1) Cap pentagonal (suportul *1*) folosit pentru prelucrări interioare.

Tabelul 8.15

Codificările utilizate

Mașina-unealtă SR 100 NC
Echipament NC NUMEROM 224-4

Cod de adrese ISO		Funcție/Semifabricație
Simbol	Codificare	
1	2	
%		Început de program, este urmat totdeauna de „LF" formînd o frază completă care nu cuprinde comenzi
:	00—99	Frază principală și prima frază din program
N		Frază secundară
/		Simbol de frază eliminabilă facultativ (se scrie înainte de N sau :)
G (H)	00 04* 06* 61* 07*	Avans rapid Tăiere liberă Copiere electromagnetică Poziționare (prelucrare) neprecisă Funcție liberă
X(U)	±000,00* ±999,99	Cota impusă pentru axa *X*, (U) Reprezintă raza în mm
Z(W)	±000,00* ±999,99	Cota impusă pentru axa *Z*(W) Reprezintă lungimea, în mm
A(C)	±000,00 ±999,00	Cotă pentru axa *X*(U) de condiționare în cazul funcționării simultane a 2 axe
B(D)	±000,00 ±999,00	Cotă pentru axa *Z*(W) de condiționare în cazul funcționării simultane a 2 axe
F(E)	1—8	Trepte de avans. Se poate modifica prin intervenție manuală cu pînă la ±3 trepte, fără să se poată depăși limita superioară 8 și limita inferioară 1
S	11—58	Trepte de turație (cifra zecilor pentru game turații și cifra unităților pentru treaptă). Se poate modifica prin intervenția manuală cu pînă la ±3 trepte fără să se poată depăși limita superioară 8 și limita inferioară 1
T(R)	1—9	Poziția capului revolver. Corecțiile de sculă sînt date pentru 6 poziții ale capului revolver
M	00 01 02	Oprire program la sfîrșitul frazei în care apare. Se anulează prin apăsare pe butonul de pornire. Oprire facultativă de program. Acționează ca și M00 numai dacă se pune un comutator pe poziția necesară. Sfîrșit de program.
	03 04 05	Rotire dreaptă a axului principal Rotire stîngă a axului principal Oprirea rotirii axului principal.
	07 08 09	Pornire răcire pentru suportul *2* Pornire răcire pentru suportul *1* Oprire răcire pentru suportul *1* și *2*

Tabelul 8.15 (continuare)

1	2	
M	06	Avans bară (în cazul cuplării la strungul revolver pentru prelucrări de bară).
	10	Prindere material
	11	Desprindere material
	17	Funcţie care stabileşte ca repornirea cititorului să fie determinată numai de îndeplinirea comenzilor referitoare la suportul *1*.
	18	Funcţie care stabileşte ca repornirea cititorului să fie determinată numai de îndeplinirea comenzilor referitoare la suportul *2*.
	12	Funcţie care anulează pe M17 şi M18 făcînd ca repornirea lectorului să aibă loc numai cînd se îndeplinesc toate comenzile referitoare la ambii suporţi de sculă
LF		Sfîrşit de frază
RT CR DEL		Caractere acceptate fără semnificaţie
Observaţii		* Valabil numai pe durata frazei în care apare. Echipamentul admite fraze cu format variabil. Ordinea de apariţie în frază a adreselor este următoarea: : (G,H), (X,Z,U,W), (A,B,C,D). N (F,E), S, (T,R), M

Tabelul 8.16

Valorile turaţiilor normale şi avansurilor longitudinale şi transversale la maşina SR 100 NC

	Turaţii		Avansuri	
	Nr.	Valoare (rot/min)	Nr.	Valoare (mm/rot)
Gama I	1	31,5	1	0,053
	2	44,5	2	0,076
Gama II	3	62,6	3	0,108
	4	88,4	4	0,154
Gama III	5	124,5	5	0,205
	6	175,5	6	0,294
Gama IV	7	244,8	7	0,417
	8	350	8	0,595
Gama V	9	495		
	10	698		
	11	985		
	12	1 400		

Poziția capului revolver	*Scula nr.*
1	1.501.129.000
2	1.501.127.000

2) Cap hexagonal (suportul 2) folosit pentru prelucrări exterioare.

Poziția capului revolver	*Scula nr*
1	1.501.024.000
2	1.501.023.000
3	1.501.128.000

Stabilirea simbolului sculelor este arbitrară:

c) *Desenul piesei de executat, fișă tehnologică de prelucrare* și *sculele folosite* sînt prezentate în figura 8.18.

d) *Reglarea sculelor la strungul SR 100 NC.* Precizia de prelucrare pe mașinile-unelte cu comandă numerică este determinată de posibilitățile echipamentului de comandă numerică, de jocurile din lanțurile cinematice de avans și de precizia de indexare a capului revolver.

Pentru a obține precizia determinată de factorii de mai sus, este necesar ca reglarea sculelor la cotă să se efectueze cu o atenție deosebită.

Determinarea coordonatelor de reglaj s-a făcut prin prelucrarea convențională a unor diametre și lungimi. Dispozitivul de afișaj al mașinii permite reglarea ușoară a sculelor.

La reglarea sculelor s-au luat în considerație particularitățile echipamentului NUMEROM 224-4 care se referă la:

1 — posibilitatea deplasării originii numai după axele Z și W;

2 — corecțiile de sculă nu au semn.

Dacă se notează:

X_A, Z_A, U_A, W_A — valorile afișate pentru axele X, Z, U, W.

X_M, Z_M, U_M, W_M — valorile date de traductoare pentru axele X, Z, U, W, reprezentînd coordonatele raportate la sistemul de coordonate a mașinii;

Z_o, W_o — decalarea de origine pentru axele Z și W;

X_C, Z_C, U_C, W_C — corecțiile de sculă pentru axele X, Z, U, W, toate valorile enumerate sînt fără semn și sînt legate între ele prin relațiile ce urmează, în care i reprezintă numărul de ordine al sculei.

$$X_{Ai} = X_M - X_{Ci}$$

$$Z_{Ai} = Z_M - Z_0 - Z_{Ci}$$

$$U_{Ai} = U_M - U_{Ci}$$

$$W_{Ai} = W_M - W_0 - W_{Ci}.$$

Știind că $X_C > \delta_x$; $U_C > \delta_u$(δ_x și δ_u fiind diferență de lungime între scula cea mai lungă și scula cea mai scurtă de pe capul revolver pentagonal, respectiv cel hexagonal) și că X_A și U_A trebuie să poată lua valoarea zero, este necesar ca

$$X_M > \delta_x;\ U_M > \delta_u.$$

Aceasta înseamnă că axele X și U ale mașinii trebuie să se găsească sub axă cu o valoare egală cel puțin cu δ_x sau respectiv δ_u. Reglarea traductoarelor trebuie să se facă ținînd seama de aceste considerații.

În cele ce urmează se va prezenta metoda efectivă de determinare a coordonatelor de reglare pentru fiecare sculă în parte.

Determinarea coordonatelor de reglare se face în regim de afișare.

Reglarea pentru cuțitul de strunjire frontală (R_1). Scula 1.501.128.000 este folosită pentru degroșare și finisare; din această cauză, valorile folosite pentru corecții trebuie să fie cît mai precis determinate. Reglarea sculei trebuie să se facă prelucrînd o piesă.

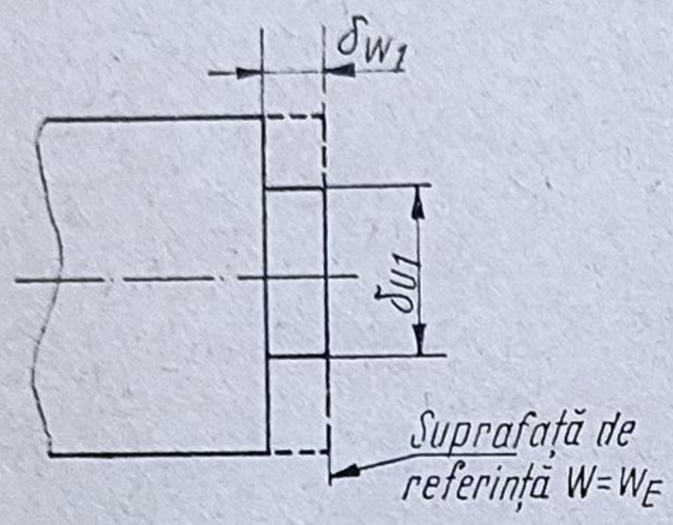


Fig. 8.20

În acest scop se strunjește o porțiune din colțul unei piese așa cum se arată în figura 8.20. Determinarea coordonatelor de reglare se face în regim de afișare.

1) *Determinarea corecției de sculă* U_{Ci}. Se citește U_{A1} — cota afișată pentru noul diametru al piesei;

— se măsoară cu micrometrul valoarea diametrului δ_{u1};

— se introduce drept corecție de sculă:

$$U_{C1} = U_{A1} - \frac{1}{2}\delta_{u1}.$$

Noua cotă afișată trebuie să fie $\frac{1}{2}\delta_{u1}$.

2) *Determinarea corecției de sculă* W_{C1}. Se alege o origine, astfel încît să rezulte pentru corecția sculei valori pozitive;

— se citește W_{A1} — cota afișată pentru fața porțiunii nou create;

— se măsoară cu micrometrul de adîncime δ_{W1};

— se introduce drept corecție de sculă

$$W_{C1} = W_{A1} - (W_E - \delta_{W1}).$$

Noua cotă afișată trebuie să fie $(W_E - \delta_{W1})$.

Reglarea cuțitului la strunjirea cilindrică exterioară (R_2). Scula 1.501.023.000 este folosită pentru degroșare și finisare, așa că valorile folosite pentru corecții trebuie să fie cît mai precis determinate.

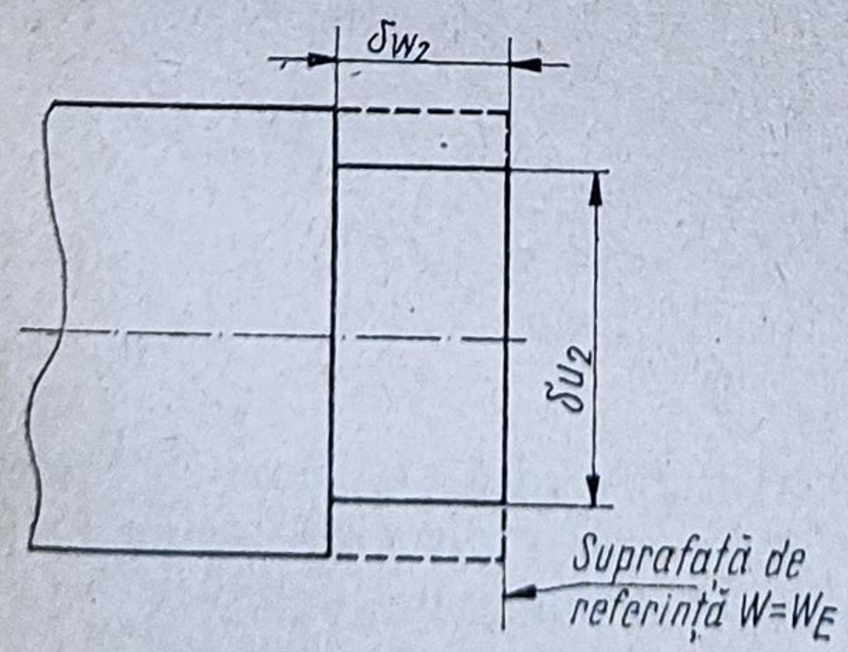


Fig. 8.21

Reglarea sculei se face pe o piesă.

Pentru aceasta, se strunjește o porțiune din piesă, așa cum se arată în figura 8.21.

1) *Determinarea corecției de sculă* U_{C2}. Se citește U_{A2} — cota afișată pentru noul diametru δ_{U2} al piesei;

— se măsoară cu micrometrul valoarea diametrului δ_{U2};

— se introduce drept corecție de sculă:

$$U_{C2} = U_{A2} - \frac{1}{2}\delta_{U2}.$$

Ca verificare, noua cotă afișată trebuie să fie $\frac{1}{2}\,\delta_{U2}$.

2) *Determinarea corecției de sculă* W_{C2}. Se citește W_{A2} — cota afișată pentru fața porțiunii nou tăiate;

— se măsoară cu micrometrul de adîncime δ_{W2};

— se introduce drept corecție de sculă:

$$W_{C2} = W_{A2} - (W_E - \delta_{W2}).$$

Ca verificare, noua cotă afișată trebuie să fie $W_E - \delta_{W2}$.

Reglarea cuțitului de canelare. Scula 1.501.128 este folosită la canelare. Corecția acestei scule trebuie să fie cît mai precis determinată, deoarece în urma ei nu se mai face nici o prelucrare. Reglarea acestei scule se face pe o piesă de probă (fig. 8.22).

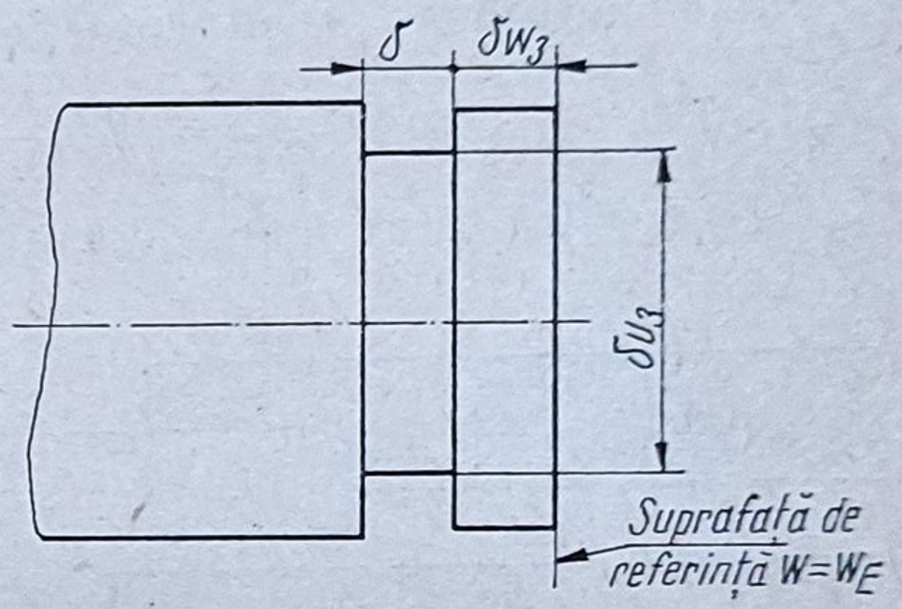


Fig. 8.22

Operațiile de reglare se desfășoară astfel:

1) *Determinarea corecției de sculă* U_{C3}. Se citește U_{A3} — cota afișată pentru noul diametru δ_{U3} al piesei;

— se măsoară cu micrometrul valoarea diametrului δ_{U3};

— se introduce drept corecție de sculă:

$$U_{C3} = U_{A3} - \frac{1}{2}\,\delta_{U3}.$$

Ca verificare, noua cotă afișată trebuie să fie $\frac{1}{2}\,\delta_{U3}$.

2) *Determinarea corecției de sculă* W_{C3} (corecția se face pentru mijlocul sculei folosite la canelare). Se citește W_{A3} — cota afișată pentru axa W în momentul tăierii canalului;

— se măsoară lățimea $d/2$ a cuțitului folosit la canelare;

— se introduce drept corecție de sculă:

$$W_{C3} = W_{A3} - (W_E - \delta_{W3} - d/2).$$

Ca o verificare, noua cotă afișată trebuie să fie:

$$W_E - \delta_{W3} - d/2.$$

Reglarea cuțitului de strunjire interioară (degroșare). Scula 1.501.129.000 este folosită numai pentru degroșare și deci valorile corecțiilor nu necesită un grad ridicat de precizie. Reglarea sculei se poate efectua fără strunjire. Operațiile sînt următoarele:

1) *Determinarea corecției de sculă* X_{C1}. Se apropie scula de diametrul interior; între sculă și piesă se introduce un spion de grosime S_{px1};

— se citește cota X_{A1} — cota afișată pentru X;

— se măsoară diametrul interior δ_{X1};

— se introduce drept corecţie de sculă:

$$X_{C1} = X_{A1} - \left(\frac{1}{2}\ \delta_{X1} - S_{px1}\right).$$

Cota afişată trebuie să fie egală cu $\frac{1}{2}\ \delta_{x1} - S_{px1}$.

2) *Determinarea corecţiei de sculă* Z_{C1}. Se apropie scula de faţa plană Z_e a piesei; între sculă şi piesă se introduce un spion S_{pz1};

— se citeşte cota Z_{A1} — cota afişată pentru axa Z;

— se introduce drept corecţie de sculă:

$$Z_{C1} = Z_{A1} - (Z_e + S_{pz1}).$$

Se verifică dacă noua cotă afişată este egală cu $Z_e + S_{pz1}$.

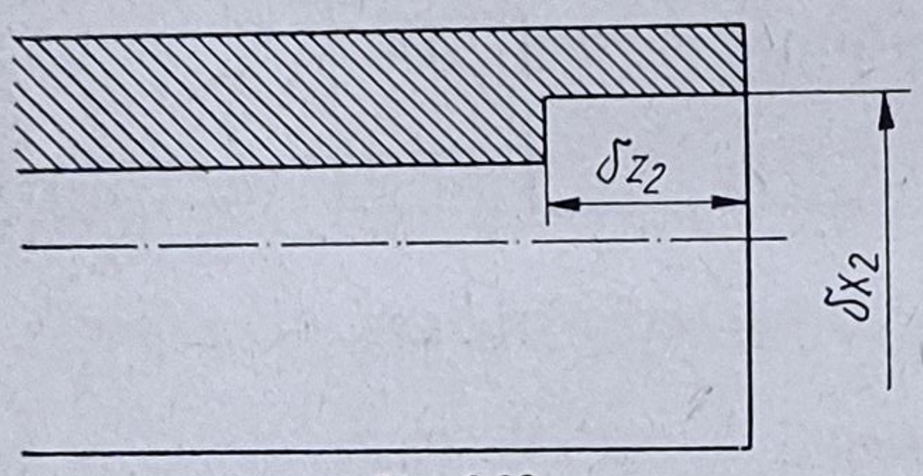


Fig. 8.23

Reglarea cuţitului de strunjire interioară (finisare). Scula 1.501.027.000 este utilizată numai pentru finisare, deci valorile corecţiei trebuie determinate precis. Determinările privind reglarea se efectuează prin prelucrarea parţială a unei piesei (fig. 8.23). Se face mai întîi o trecere de degroşare şi apoi se finiseză cu cuţitul respectiv îndepărtînd o aşchie de 0,5 ... 1 mm lăţime şi grosime a aşchiei.

1) *Determinarea corecţiei de sculă* X_{C2}. Se citeşte X_{A2} — cota afişată pentru noul diametru (δ_{X2}) al piesei;

— se măsoară cu micrometrul valoarea diametrului δ_{X2};

— se introduce drept corecţie de sculă:

$$X_{C2} = X_{A2} - \frac{1}{2}\ \delta_{X2}.$$

Cota afişată trebuie să fie egală cu $\frac{1}{2}\ \delta_{X2}$.

2) *Determinarea corecţiei de sculă* Z_{C2}. Se citeşte Z_{A2} — cota afişată pe faţa frontală interioară, unde a ajuns cuţitul;

— se măsoară cu micrometrul de adîncime δ_{Z2};

— se introduce drept corecţie de sculă:

$$Z_{C2} - Z_{A2} - (W_e - \delta_{Z2}).$$

Ca verificare, noua cotă afişată trebuie să fie $W_e - \delta_{Z2}$.

b) *Fişa tehnologică a piesei de prelucrat cu operaţiile de lucru* este prezentată în figura 8.19.

f) *Pe baza datelor cuprinse în fişa tehnologică, se întocmeşte programul codificat*, prezentat în formularele întocmite în acest scop (tab. 8.17).

Program codificat de prelucrarea piesei (fig. 8.18)

Program listat	Desen nr.	Material		Programat			Program nr.	
		Maşina U	SR 100 NC					
Întreprinderea	Denumirea piesei	Echipament NC	NUMEROM 224-4	Verificat			Fila nr. 1	Nr/file 5
		Cod de perforare	I S O	Aprobat				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
% : N 0 0	Tab. G 0 0 / G 0 4 / G 0 6 / G 6 1	Tab. G 0 0 / G 0 4 / G 0 6 / G 6 1 / G 0 7	Tab. X(U) Z(W) ± 0 0 0. 0 0	Tab. A(C) B(D) ± 0 0 0 0 0	Tab. F(E)0	Tab. S 0 0	Tab. T(R)0	Tab. M 0 0 / M 0 1 / M 0 2	Tab. M 0 3 / M 0 4 / M 0 5	Tab. M 0 7 / M 0 8 / M 0 9	Tab. M 0 6 / M 1 0 / M 1 1	Tab. M 1 7 / M 1 8 / M 1 2	LF
%													
: 0 1	H 0 0		U + 0 9 3 0 0			S 1 7	R 1		M 0 4				
N 0 2			W + 2 4 0 5 0										
N 0 3			U + 0 4 5 0 0		E 6								
N 0 4	H 0 0	H 6 1	W + 2 5 3 0 0										
N 0 5			U + 0 9 3 0 0			S 1 7			M 0 4				
N 0 6			W + 2 4 0 0 0										
N 0 7			U + 0 4 5 0 0		E 3								
N 0 8	H 0 0		W + 3 0 0 0 0				R 2						
N 0 9			U + 0 8 5 0 0										
N 1 0			W + 2 4 3 0 0										
N 1 1			W + 1 4 8 0 0		E 7	S 1 6			M 0 4				
N 1 2			U + 0 8 8 0 0										
N 1 3	H 0 0	H 6 1	W + 2 4 3 0 0										
N 1 4			U + 0 8 1 0 0										
N 1 5			W + 1 9 1 0 0		E 7								
N 1 6			U + 0 8 4 0 0										
N 1 7	H 0 0	H 6 1	W + 2 4 3 0 0										
N 1 8			U + 0 7 7 0 0										
N 1 9			W + 1 9 1 0 0		E 7								

Tabelul 8.17 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I N ... 0 0	Tab. G G G G G	Tab. G G G G G	X(U) ± 0 0 0 0 0 . 0 0 0 Z(W) ± 0 0 0 0 . 0 0 0	Tab. A(C) ± 0 0 0 B(D) ± 0 0 0	Tab. F(E)0	Tab. S 0 0	Tab. T(R)0	Tab. M 0 0 M 0 1 M 0 2	Tab. M 0 3 M 0 4 M 0 5	Tab. M 0 7 M 0 8 M 0 9	Tab. M 0 6 M 1 0 M 1 1	Tab. M 1 7 M 1 8 M 1 2	Tab.
N 20	0		U + 0 8 0 0 0 0										
N 21	0	H 6 1	W + 2 4 3 0 0										
N 22	0		U + 0 7 5 5 0										
N 23	0		W + 1 9 1 0 0										
N 24	0		U + 0 7 8 0 0										
N 25	0	H 6 1	W + 2 4 3 0 0		E 7	S 1 7	R 3	M 0 0	M 0 4				
N 26	0		U + 0 7 4 9 8										
N 27	0		W + 1 9 8 0 0		E 3	S 1 7		M 0 0	M 0 4				
N 28	0	H 6 1	U + 1 7 0 0 0										
N 29	0		W + 1 9 5 0 0		E 6	S 1 7	R 1	M 0 0	M 0 4				
N 30	0		U + 0 9 3 0 0		E 8	S 1 7							
N 31	0		U + 0 7 2 9 8										
N 32	0		U + 0 7 8 0 0										
N 33	0	H 6 1	W + 4 0 0 0 0		E 6	S 1 7	R 12	M 0 0	M 0 4				
N ..	0		U + 0 9 3 0 0										
N 01	0		W + 2 4 0 5 0		E 3	S 1 7							
N 02	0		U + 0 4 5 0 0										
N 03	0		W + 2 5 3 0 0		E 7	S 1 6							
N 04	0	H 6 1	U + 0 9 3 0 0										
N 05	0		W + 2 4 0 0 0										
N 06	0		U + 0 4 5 0 0										
N 07	0		W + 3 0 0 0 0										
N 08	0		U + 8 5 0 0 0										
N 09	0		W + 2 4 3 0 0										
N 10	0		W + 0 9 0 0 0										
N 11	0		U + 0 8 7 0 0										
N 12	0	H	0 0					H				H	0 0

```
N13                W+24300
N14                U+08200
N15                W+09000          E7
N16                U+08400
N17  H00          W+24300
N18                U+07800
N19                W+14100          E7
N20                U+08000
N21  H00          W+24300
N22                U+07650
N23                W+14100          E7
N24                U+07900          E8
N25  H00          W+24300
N26                U+07200                S16              M04
N27                W+20600          E3
N28                U+07400
N29  H00          W+24300
N30                U+07000                S17              M04
N31                N+20500          E7
N32                U+07598
N33  H00          W+24300
N34                U+07000
N35                W+20500          E3
N36                U+07598
N37                W+14800
N38  H00  H61     U+17000
```

Tabelul 8.17 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
% : I N 0 0	Tab. G 0 0 4 G 0 0 4 G 0 0 6 G 0 6 1 G 0 7	Tab. G 0 0 4 G 0 0 4 G 0 0 6 G 0 6 1 G 6 1 7	Tab. X(U) ± 0 0 0. 0 0 Z(W) ± 0 0 0. 0 0	Tab. A(C) ± 0 0 0. 0 0 B(D) ± 0 0 0. 0 0	Tab. F(E)0	Tab. S 0 0	Tab. T(R)0	Tab. M 0 0 M 0 1 M 0 2	Tab. M 0 3 M 0 4 M 0 5	Tab. M 0 7 M 0 8 M 0 9	Tab. M 0 6 M 1 0 M 1 1	Tab. M 1 7 M 1 8 M 1 2	LF
N 3 9			W + 1 4 5 0 0				R 3						
N 4 0			U + 0 8 5 0 0			S 1 7							
N 4 1			U + 0 7 3 9 8		E 6								
N 4 2			U + 0 7 9 0 0		E 8								
N 4 3	H 0 0		U + 2 1 5 0 0					M 0 0					
/ N 4 4	H 6 1		U + 2 8 0 0 0										
/ N 4 5	H 6 1		W − 1 1 0 0 0					M 0 1					
: 0 1	G 0 0		Z + 2 4 3 0 0			S 1 7	T 1		M 0 4				
N 0 2			X + 0 5 3 0 0										
N 0 3			Z + 1 6 5 5 0		F 4								
N 0 4			X + 0 5 1 0 0										
N 0 5	G 0 0		Z + 2 4 3 0 0										
N 0 6			X + 0 5 7 0 0										
N 0 7			Z + 2 1 0 5 0		F 4								
N 0 8			X + 0 5 5 0 0										
N 0 9	G 0 0	G 6 1	Z + 4 0 0 0 0										
N 1 0			Z + 2 4 3 0 0			S 1 7	T 2		M 0 4				
N 1 1			X + 0 5 7 5 2										
N 1 2			Z + 2 1 0 0 0		F 3								
N 1 3			X + 0 5 3 5 2										
N 1 4			Z + 1 6 5 0 0										
N 1 5			X + 0 4 5 0 0										
N 1 6	G 0 0	G 6 1	Z + 4 0 0 0 0					M 0 0					
N 1 7								M 0 2					

g) *Cu ajutorul programului codificat se întocmesc benzile perforate pe baza codului ISO.* Conținutul benzii perforate, prezentat sub formă simbolică (utilizînd adrese), este prezentat printr-o fișă corespunzătoare, astfel:

Conținutul benzii perforate

```
%
:01HOOU+09300S17R1MO4
NO2W+24050
NO3U+C4500E6
NO4HOOH61W+25300
NO5U+09300
NO6W+24000S17MO4
NO7U+04500E3
NO8HOOW+30000
NO9U+08500R2
N10W+24300
N11W+14800E7S16M04
N12U+08800
N13HOOH61W+24300
N14U+08100
N15W+19100E7
N16U+08400
N17HOOH61W+24300
N18J+07700
N19W+19100E7
N20U+08000
N21HOOH61W+24300
N22U+07550S17M04
N23W+19100E7
N24U+07800
N25HOOH61W+24300
N26U+07498
N27W+19800E3
N28HOOH61U+17000
N29W+19500R3
N30U+09300S17MO4
N31U+07298E6
N32U+07800E8
N33HOOH61W+40000MOO
:01HOOU+09300S17R1MO4
NO2W+24050
NO3U+04500F6
NO4HOOH61W+25300
NO5U+09300
NO6W+2400S17MO4
NO7U+04500E3
NO8HOOW+30000
N9U+08500R2
```

N10W+24300S16MO4
N11W+09000E7
N12HOOU+08700
N13W+24300
N14U+08200
N15W+09000E7
N16U+08400
N17HOOW+24300
N18U+07800
N19W+14100E7
N20U+08000
N21HOOW+24300
N22U+07650
N23W+14100E7
N24U+07900E8
N25HOOW+24300
N26U+07200S16MO4
N27W+20600E8
N28U+07400
N29HOOW+24300
N30U+07050S17MO4
N31W+20600E7
N32U+07300
N33HOOW+24300
N34U+07000
N35W+20500E3
N36U+07598
N37W+14800
N38HOOH16U+17000
N39W+14500R3
N40U+08500S17MO4
N41U+07398E6
N42U+07900E8
N43HOOU+20500MOO
/N44H61U+28000
/N45H61W—11000M01
·01GOOZ+243SOOS17T1MO4
NO2X+05300
NO3Z+16550F4
NO4X+05100
NO5GOOZ+24300
NO6X+05700
NO7Z+21050F4
NO8X+05500
NO9GOOG61Z+40000
N10Z+24300S17T2MO4
N11X+05752
N12Z+21000F3
N13X+05352
N14Z+16500

N15X+04500
N16GOOG61Z+40000MOO
N17MO2

5. Să se întocmească programul de prelucrare a piesei din figurile 8.24 și 8.25, folosindu-se mașina-unealtă cu comandă program SP630-NCC.

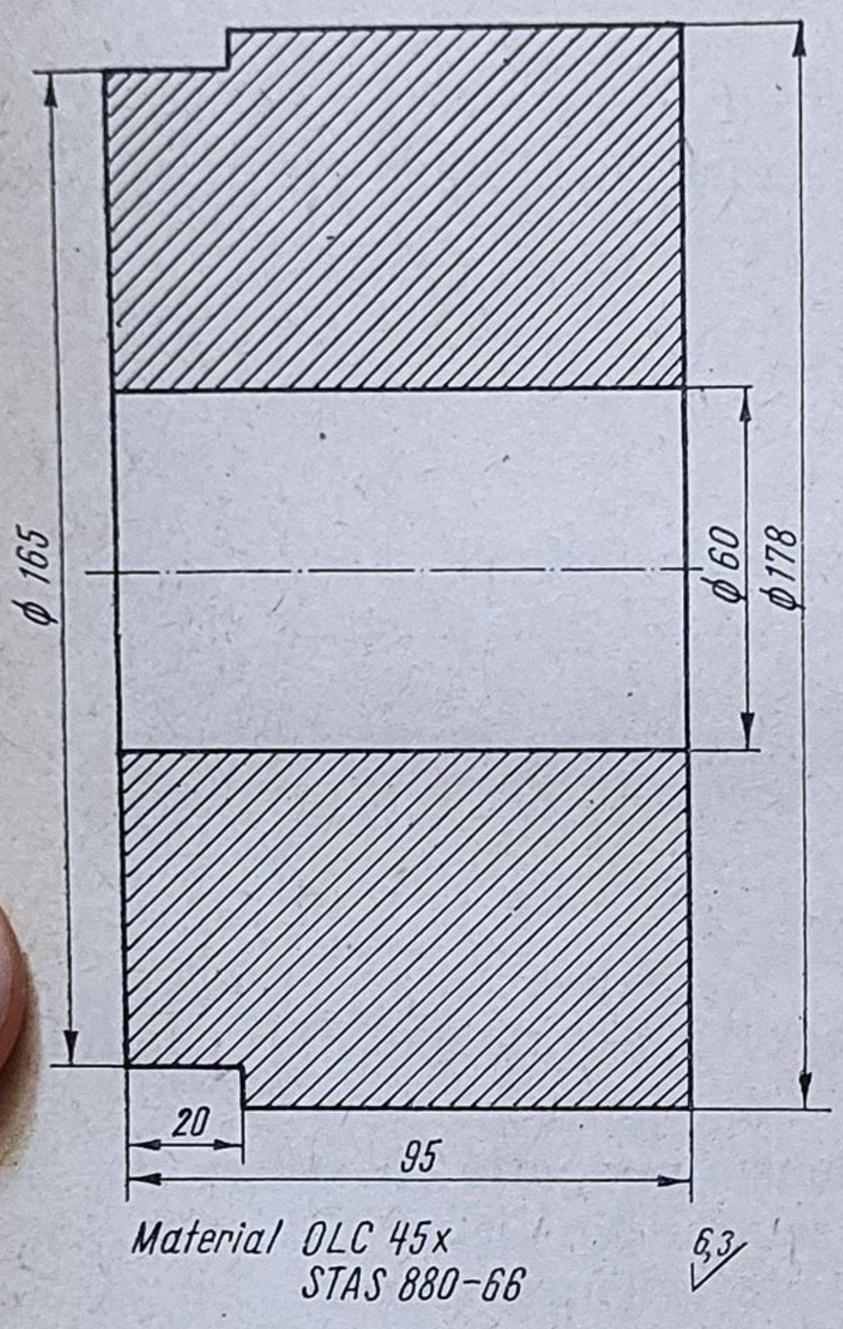


Fig. 8.24

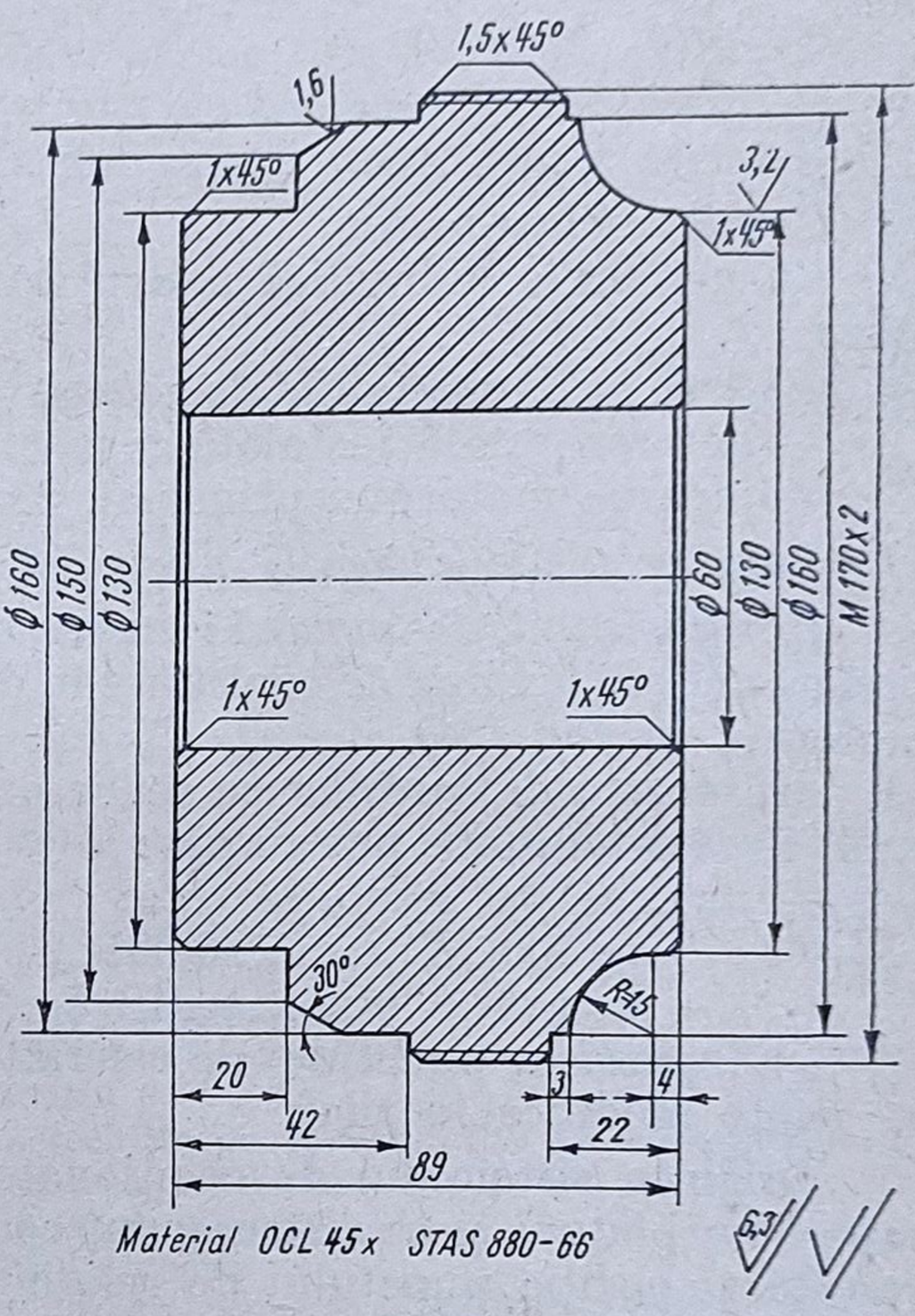


Fig. 8.25

Strungul paralel Sp 630 NCC cu comandă numerică este destinat prelucrărilor de conturare a pieselor de revoluție cu profil pur sau rectangular.

Prelucrările se pot efectua în ciclu automat și semiautomat.

a) *Caracteristicile tehnice principale:*

Diametrul maxim de prelucrat:

— peste ghidajele batiului ... 630 mm;
— peste sania suportului de lucru ... 340 mm.

Cutia de viteze

— numărul treptelor de turații ... 12;
— rația ... 1,4;
— numărul gamelor de turații ... 5.

Mecanismul de avans

— avansul continuu, reglaj fără trepte cu motoare electrohidraulice pas cu pas;

— domeniul de avansuri de lucru:
— longitudinal, mm/min ... max. 4 000
— transversal, mm/min ... max. 2 000
— avans rapid:
— longitudinal, mm/min ... max. 4 800
— transversal, mm/min ... max. 2 400

Suportul de lucru

— cursa saniei longitudinale, mm ... 1 000
— cursa saniei transversale, mm ... 400

Capul revolver-pătrat

Cu acţionare hidraulică a deplasării, indexării şi blocării în poziţia de lucru.

Puterea şi dimensiunile de gabarit

— puterea totală instalată a maşinii, 28 ... kW;
— puterea motorului principal, 22 ... kW.

Caracteristicile comenzii numerice:

Echipamentul de comandă numerică Sinumeric 520/42 realizează poziţionarea şi prelucrarea de conturare în două axe (X, Z) prin program pe bandă perforată în cod ISO.

Măsurarea deplasărilor se realizează prin numărarea impulsurilor motorului electro-hidraulic pas cu pas:

— puterea de rezoluţie este:
— pe axa X, mm ... 0,005;
— pe axa Z, mm ... 0,010;
— deplasarea punctului de referinţă în raport cu originea fixă a maşinii, se poate modifica în timp.

Originea sistemului de coordonate ale maşinii se află în stînga jos în raport cu platoul şi axa strungului conform schiţei din figura 8.26 din care rezultă şi poziţia punctului de referinţă faţă de originea maşinii. Pentru a cunoaşte poziţia sculei în raport cu sistemul de coordonate, trebuie cunoscută poziţia fiecărei laturi a capului revolver adus în această poziţie, faţă de axele de coordonate, deoarece s-a constatat că acestea nu sînt simetrice faţă de axa de rotaţie a capului revolver.

Codificările, valorile turaţiilor normale şi ale avansurilor sînt date în tabelele 8.18; 8.19 şi respectiv 8.20.

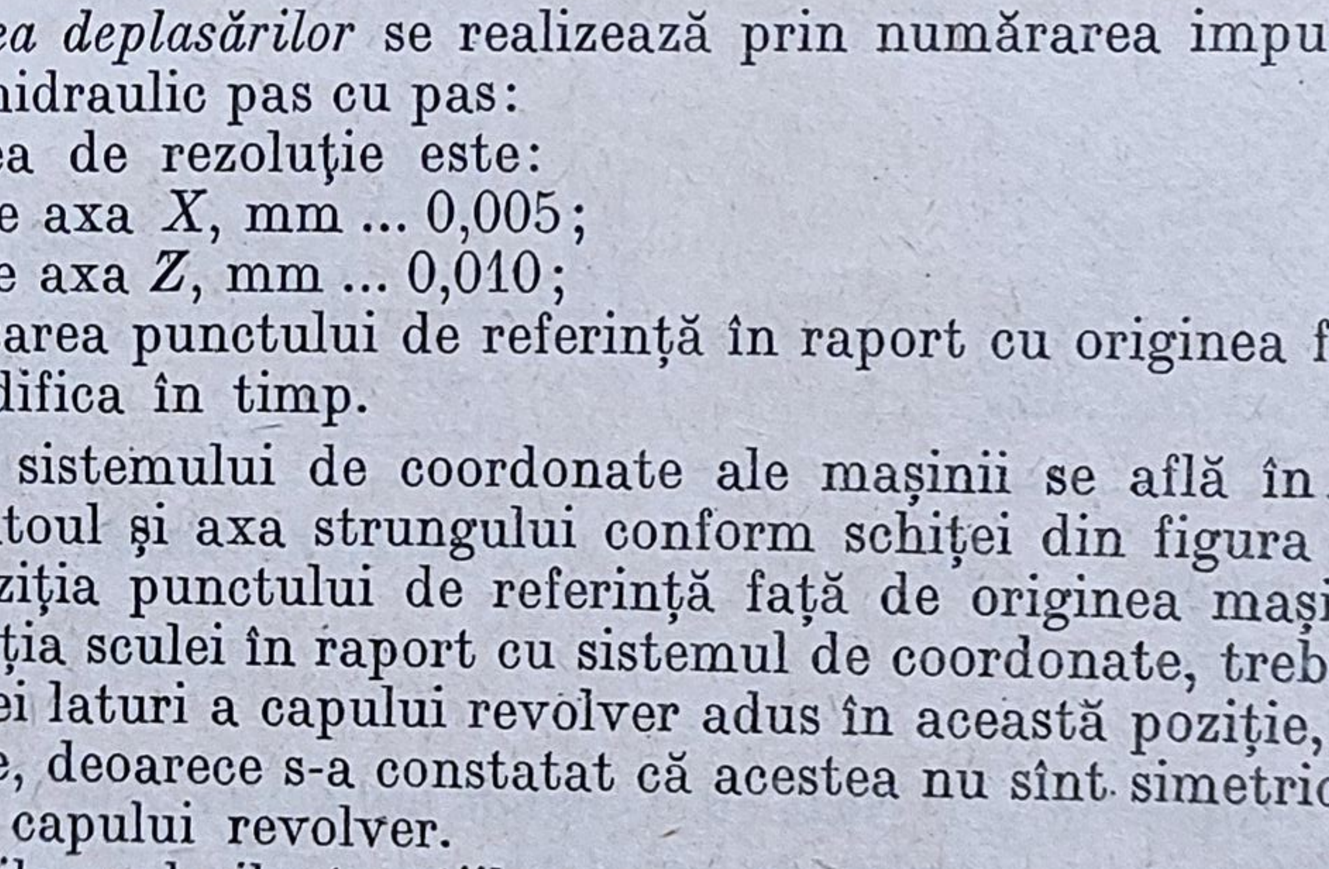


Fig. 8.26

Codificările utilizate

Tabelul 8.18

Grupa	Simbol ISO	Codificare	Funcţia şi semnificaţia
1	2	3	4
	%LF		Început de program. Oprirea derulării după sfîrşitul programului
	%....%	1...999999	Numărul programului
	:	1...9999	Frază principală
	N		Respectiv oprirea derulării înapoi a benzii după terminarea programului
	I:		Frază secundară
	IN		Frază principală respectiv frază secundară eliminabilă
G1	G	00	Avans rapid
		01	Interpolare liniară
		02	Interpolare circulară sens antitrigonometric
		03	Interpolare circulară sens trigonometric
		04	Timp de aşteptare în ms sub adresa X (propoziţie proprie)
		33	Filetare
G2	G	09	Reducerea vitezei la capătul cursei
G8	G	70*	Pentru grupa de adrese F00 pînă la F75
		71	Pentru grupa de adrese F00 pînă la F81
		72	Pentru grupa de adrese F00 pînă la F86. Această grupă se foloseşte pt adresele F sau G33
	X	0 ± 340**	Cota în ° sau aşteptarea în ms 1 ms = 1
	Z	0 ± 1 200**	Cota în
	I	0 ± 33 000**	Parametru de interpolare pentru axa X sau o paralelă la axa X pentru interpolare circulară sau filetare.
	K	0 ± 33 000**	Parametru de interpolare pentru axa Z sau o paralelă la axa Z pentru interpolare circulară sau filetare
	F	01 — 86(92)***	Avans în mm/min pentru axa X(Z).
	S	01 — 12	Turaţia axului principal nulă. Trepte de turaţii
	T	00 ... 04	Nr. sculei
		01 ... 09	Nr. perechilor de comutatoare pt. corecţii de scule
		... 00	Fără corecţii de scule.
M-1	M	00	Oprire necondiţionată
		01	Oprire opţională
		02	Sfîrşit de program fără rebobinare.
		30	Sfîrşit de program cu rebobinare pînă la începutul programului %
M-2	M	03	Rotirea arborelui principal în sens antitrigonometric
		04	Rotirea arborelui principal în sens trigonometric.
		05*	Stopturaţie
M-3	M	06	Iniţierea rotirii capului revolver.
M-4		07	Pornire răcire 2
		09	Opr re răcire 1 sau 2
M-5		08	Pornire răcire 1
M-8	M	10 ... 14	Funcţii pentru confirmarea gamelor de turaţii I...V
	M	90	Punct de referinţă activat
		91	Deplasarea punctului de referinţă cu semnul şi valorile luate de la întrerupătoarele decadice succesor pe axe (propoz. proprie).
		92	Deplasarea punctului de referinţă cu valoarea de la întrerupătoarele decadice dar cu semn contrar (prop. proprie).
		LF	Sfîrşitul propoziţiei.

* Poziţie de ştergere
** Valori pentru curse şi parametri de interpolare valabil pentru cursele reglate la data omologării
*** la 10 ieşire la ambele axe.

Valorile normale ale turațiilor

Tabelul 8.19

Nr. treptei	Codul	Nr. gamei (codul) I (M10)	II(M11)	III(M12)	IV(M13)	V(M16)
1	So 1	31,5	—	—	—	—
2	So 2	44,5	44,5	—	—	—
3	So 3	62,3	62,3	62,3	—	—
4	So 4	88,4	88,4	88,4	88,4	—
5	So 5	124,5	124,5	124,5	124,5	124,5
6	So 6	175,5	175,5	175,5	175,5	175,5
7	So 7	244,8	244,8	244,8	244,8	244,8
8	So 8	350	350	350	350	350
9	So 9	—	495	495	495	495
10	So 10	—	—	698	698	698
11	So 11	—	—	—	985	985
12	So 12	—	—	—	—	1 400

Valorile normale ale avansurilor (mm/min)

Tabelul 8.20

Nr. trepte	Codul	Valoare numerică	Nr. treptei	Codul	Valoarea numerică	Nr. treptei	codul	Valoarea numerică
0	F 00	0(STOP)	20	F 20	1	40	F 40	10
1	F 01	0,112	21	F 21	1,12	41	F 41	11,2
2	F 02	0,125	22	F 22	1,25	42	F 42	12,5
3	F 03	0,14	23	F 23	1,4	43	F 43	14
4	F 04	0,16	24	F 24	1,6	44	F 44	16
5	F 05	0,18	25	F 25	1,8	45	F 45	18
6	F 06	0,2	26	F 26	2	46	F 46	20
7	F 07	0,224	27	F 27	2,24	47	F 47	22,4
8	F 08	0,25	28	F 28	2,5	48	F48	25
9	F 09	0,28	29	F 29	2,8	49	F 49	28
10	F 10	0,315	30	F 30	3,15	50	F 50	31,5
11	F 11	0,355	31	F 31	3,55	51	F 51	35,5
12	F 12	0,4	32	F 32	4	52	F 52	40
13	F 13	0,45	33	F 33	4,5	53	F 53	45
14	F 14	0,5	34	F 34	5	54	F 54	50
15	F 15	0,56	35	F 35	5,6	55	F 55	56
16	F 16	0,63	36	F 36	6,3	56	F 56	63
17	F 17	0,71	37	F 37	7,1	57	F 57	71
18	F 18	0,8	38	F 38	8	58	F 58	80
19	F 19	0,9	39	F 39	9	59	F 59	90

Tabelul 8.20 (continuare)

Nr. trepte	Codul	Valoarea numerică	Nr. treptei	Codul	Valoarea numerică	Nr. treptei	Codul	Valoarea numerică
60	F 60	100	72	F 72	400	84	F 84	1 600
61	F 61	112	73	F 73	450	85	F 85	1 800
62	F 62	125	74	F 74	500	86	F 86	2 000
63	F 63	140	75	F 75	560	87	F 87	2 240
64	F 64	160	76	F 76	630	88	F 88	2 500
65	F 65	180	77	F 77	710	89	F 89	2 800
66	F 66	200	78	F 78	800	90	F 90	3 150
67	F 67	224	79	F 79	900	91	F 91	3 550
68	F 68	250	80	F 80	1 000	92	F 92	4 000
69	F 69	280	81	F 81	1 120			
70	F 70	315	82	F 82	1 250	99	600	2 400(*)
71	F 71	355	83	F 83	1 400	99	600	4 800(Z)

b) *Sculele de lucru*

Pentru executarea piesei conform desenului de execuție se folosesc următoarele scule:

1) cuțit stînga pentru strunjirea plan-frontală, unghiul principal de atac $X = 45°$ cu plăcuță (lipită) din carburi metalice calitatea P20;

2) cuțit normal stînga CORÒMANT pentru degroșare VL 175.1 — 3232M cu unghiul principal de atac $X = 90°$, cu plăcuțe din carburi metalice 193.1-1.630, 1632, 1633, 1634 sau 193.1-1.644 calitatea S2. (P20) sau S4 (P30);

3) cuțit stînga pentru finisare COROMANT VL 171.5-3225 M-16, cu unghiul principal de atac $X = 93°$, cu plăcuțe din carburi metalice 170.6-5505, 170.6 -5505, calitatea S1P (P10) sau S2 (P20);

4) cuțit pentru filetare cu unghiul la vîrf de 60°, cu plăcuțe din carburi metalice, lipită.

c) Traseele cuțitelor sînt prezentate în fișa tehnologică (fig. 8.28), cît și în programul necodificat.

d) *Reglarea sculelor la cotă* (fig. 8.27)

Echipamentul NCC al strungului ST 630 NCC lucrează incremental. Prin operația de reglare se determină coordonatele X_R și Z_R pentru fiecare sculă, pentru poziționarea ei în originea sistemului de coordonate al programului la prelucrarea piesei.

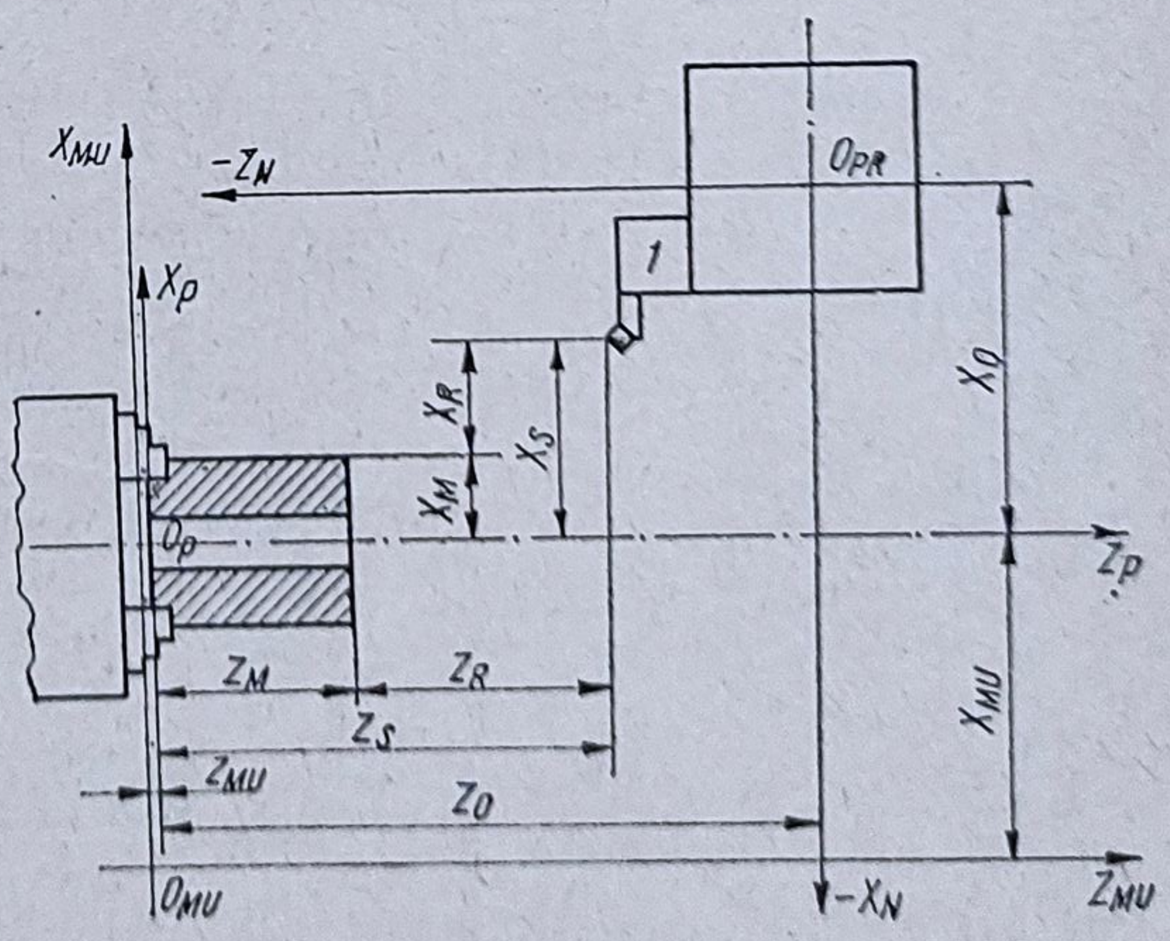


Fig. 8.27

Fig. 8.28

233,7
354,2
358,5
235,9
234
339
360
220,7
1
2
3
4
0
+0
20
14
6
8
10
12
16
3
1
18
17
9
11
13
15
22
21
19
23
24

Fig. 8.28

Se folosesc, pentru prelucrarea de conturare (fig. 8.27), următoarele notații:

X_0, în mm, — distanța de la axa Z_N a punctului de referință al mașinii-unelte și axa păpușii fixe;

Z_0, în mm, — distanța dintre axa X_N a punctului de referință al mașinii-unelte și suprafața frontală a dispozitivului de prindere al păpușii fixe;

X_S, în mm, — distanța de la vîrful sculei la axa păpușii fixe a mașinii-unelte;

Z_S, în mm, — distanța de la vîrful sculei la suprafața frontală a dispozitivului de prindere al păpușii fixe;

X_M, în mm, — distanța de la axa Z_p a originii programului dat pentru piesa prelucrată și suprafața laterală a piesei etalon;

Z_M, în mm, — distanța de la axa Z_p a originii programului pentru piesa prelucrată și suprafața frontală a piesei etalon;

X_{MU}, în mm, — distanța dintre axa Z_{MU} a originii mașinii-unelte și axa păpușii fixe;

Z_{MU}, în mm, — distanța dintre axa X_{MU} și suprafața frontală a dispozitivului de prindere al păpușii fixe.

Coordonatele de reglare vor fi:

$$X_R = X_0 - (X_0 - X_S + X_M) = X_S - X_M$$

$$Z_R = Z_0 - (Z_0 - Z_S + Z_M) = Z_S - Z_M.$$

Metodologia de determinare a coordonatelor de reglare

1) Determinarea coordonatelor de reglare se face pentru fiecare sculă în parte.

2) Coordonatele X_{MU} și Z_{MU}, respectiv X_0 și Z_0 se determină o singură dată pentru o singură fixare a limitatoarelor de cursă pentru originea mașinii-unelte.

3) Coordonatele X_S, Z_S și X_M, Z_M sînt specifice fiecărei scule funcție de dimensiunile de prindere în port-sculă respectiv față de originea programului pentru piesa de prelucrat.

4) Coordonatele de reglare X_R și Z_R se modifică pe parcursul prelucrării și funcție de uzura sculelor.

5) Diferențele dintre coordonatele de reglare de la o sculă la alta nu trebuie să depășească 19,99 mm pe axa X și 19,98 mm pe axa Z, valori care pot fi compensate, cînd aceste diferențe sînt mai mari, trebuie introduse deplasări programate pentru aducerea acestora în limitele admise. Pentru a nu introduce deplasări programate sculele se așază simetric în raport cu axa de rotație a capului revolver.

e) Fișa tehnologică a piesei de prelucrat cu operațiile de lucru este prezentată în figura 8.28.

7) Pe baza datelor cuprinse în fișa tehnologică, se întocmește programul codificat prezentat în formularele constituite în acest scop (tab. 8.21).

g) Cu ajutorul programului codificat se întocmesc benzile perforate pe baza codului ISO. Conţinutul benzii perforate sub formă simbolică (utilizînd adrese) este prezentat într-o fişă corespunzătoare.

Conținutul benzii perforate

:01GOOSOO6TO1O1MO3MO6MO6M12
NO2M91
NO3X6000
NO4Z 12000
NO5GO1X-68000F51
NO60000Z10000
NO7X68000
NO8001Z—2000SO7M12
NO9X-68000F49
N1OGOO303000
N11X74000
:12T0202M06
N13Z-10000
N14X14000
N15Z-290000S0M12
N16X-14800
N17Z-10000
N18G01Z-45400F54(F57)
N19G00X1000
N20Z45400
N21X-5200
N22G01Z-44500
N23G00X1000
N24Z44500
N25X-5000
N26G01Z-22500
N27X4000Z-7000
N28G00Z29500
N29X-8000
N30G01Z-22500
N31G00X1000
N32Z22500
N33X-5000
N34G01Z-22500
N35G00X1000
N36Z22500
N37X-3500
N38G01Z-22500
N39G00X5000000M90
N40Z150000M90
N41M30

```
%
:42G00S07T0303M03M06M12
N43M91
N45G01Z-3000F49
N46X1740Z-1740
N47Z-18260
N48X9770
N49X5230Z-8890
N50Z-13110
N51X3260
N52X1740Z-1740
N53Z1000000M90
N54G00X500000M90
N55M30
%
:56G00S06T0101M0M06M12
N57M91
N58X-6000
N59Z-12000
N60G01X-68000F51
N61G00Z1000
N62X68000
N63G01Z-2000S07M12
N64X-68000F49
N65G00Z303000
N66X74000
:67T0202M06
N68Z-10000
N69X14000
N70Z-290000S06M03M12
N71X-13500
N727—10000
N73G01Z-51000F57
N74G00X1500
N75Z51000
N76X-6500
N77G01Z-24400
N78G00X1500
N79Z24400
N80X-6000
N81G01Z-19000
N82G00X3000
N83Z190000
N84X-7000
N85G01Z-18000
N86G00X2000
N87Z18000
N88X-6000
N89G01Z-15000
N90G00X1000
```

N91Z15000
N92X-4000
N93G01Z-7500
N94G02X14000Z-14000T14000F54
N95G01X2000F56
N96G00Z1500000M90
N97X500000M90
N139M30
%
:98G00S07T0303M03M06M12
N99M91
N101G01Z-3000F49
N102X1740Z-1740
N103Z-2660F48
N104G02 14600Z-14600114600
N105G01X500
N106Z-3000
N107X3260
N108X1740Z-1740
N109Z-24260
N110G00X15000
N111Z3510000
:112T0404M06
N113Z-12000
N114Z-315000S03M12
N115X-15400
N116G33Z-45000K2000
N117G00X5000
N118Z45000
N119X-5300
N120G33Z-45000K2000
N121G00X5000
N122Z45000
N123X-5200
N124G33Z-45000K2000
N125G00X5000
N126Z45000S05M12
N127X-5100
N128G33Z-45000K2000
N129G00X5000
N130Z45000
N131X-5080
N132G33Z-45000K2000
N133G00X16080
N134Z92000
N135X-14000
N136T0400M06
N137M92
N138M30

Axa de lucru		Operația	Timp		Dimensiunea piesei (sculă)		Tehnologie					
							t	B	V	r	S2	S
L (X)	T (Z)		Δt	Σt	d/r	l	(m.m)	(m.m)	rot/min	rot/min	rot/mm	rot/mm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		PRINDEREA 1 — STRUNJIREA DE DEGROȘA										
		X X	X	X	X	X	X	X X	X	X	X	X
		Pornire turație, schimbare sculă								175		
X	X	Deplasarea punctului de referință			Ø 178 r 89	95						48,00
	X	Poziționare			Ø 188 r 94							48,00
X		Poziționare										
	X	Strunjire plană frontală			Ø 52 r 26		2		98 / 33		0,203	35,5
X		Poziționare										48,00
	X	Poziționare			Ø 188 r 94							
X		Poziționare cu avans de lucru					1			245		
	X	Strunjire plană frontală			Ø 52 r 26				137 / 46		0,115	28
X		Retragere pentru indexare										48,00
	X	Retragere pentru indexare			Ø 200 r 100							
		Schimbare sculă										
X		Preluare diferență dintre scule										48,00
	X	Preluarea diferență dintre scule										
X		Schimbare turații — poziționare			Ø 200 r 100	92				175		
	X	Poziționare			Ø 170,4 r 85,2					175		4800
X		Poziționare										
X		Strunjire longitudinală			Ø 170,4 r 85,2		3,8		94		0,406	71

odificat pentr

	S2	S
n	rot/mm	rot/mm
	12	13

DE DEGROȘA

	X	X
		48,00
		48,00
0,203		35,5
		48,00
0,115		28
		48,00
		48,00
		4800
0,406		71

prelucrarea piesei (fig 8.24 și 8.25) *Tabelul 8.21*

Poziția față de originea piesei		Frază nr.	Condiții de deplas.	Comanda de deplasare		Parametrii de deplasare		C-dă avans	C-dă turații	C-dă sculă	Funcții auxiliare
X	Z	N	G	X	Z	I	K	F	S	T	M
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	PIESA DE PROBĂ NR. 1 – 103 – A										
	XXX	X	XXX	X X X	X X X	XXX					
RE – GAMA 3											
XXX	X X	X									
		%									
		:01	G 00						S 06	TO 101	M03 M06 M12
100	105	02									M91
94		03		−6000							
	93	04			−12 000						
26		05	G 01	X−68000				F 51			
	94	06	G 00		1 000						
94		07		68 000							
	92	08	G 01		−2 000				S 07		M03 M12
26		09		−68 000				F 49			
	395	10	G 00		303000						
100		11		74 000							
		:12								TO 202	M 06
		13			−10 000	Se preiau dif. dintre sculele 1 și 2					
		14		14 000		care depășesc valorile admise					
100	105	15			−290 000				S 06		M03 M12
85,2	105	16		−14 800							
	95	17			−10 000						
	49,6	18	G 01		−45 400			F 57			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	X	Poziţionare			Ø 172 r 86,2							4800	86,2
X		Poziţionare											
	X	Poziţionare			Ø 162 r 81								81
X		Strunjire longitudinală					4,2		89		0,406	71	
	X	Retragere			Ø 164 r 82							4800	82
X		Poziţionare											
	X	Poziţionare			Ø 154 r 77								77
X		Strunjire longitudinală					4		85		0,406	71	
X	X	Strunjire conică			Ø 154 Ø 162		4 0						81
X		Poziţionare										4800	
	X	Poziţionare			Ø 146 r 73						0,406		73
X		Strunjire longitudinală					4		80		0,406	71	
	X	Poziţionare			Ø 148 r 74							4800	74
X		Poziţionare											
	X	Poziţionare			Ø 138 r 69								69
X		Strunjire longitudinală			Ø 138 r 69		4		75,8	175	0,406	71	69
	X	Poziţionare			Ø 140 r 70							4800	70
X		Poziţionare											
	X	Poziţionare			Ø 133 r 66,5								66,
X		Strunjire longitudinală					3,5		73		0,406	71	
	X	Retragere în punctul de referinţă										4800	
X		Retragere în punctul de referinţă											
		Sfîrşit de program cu rebobinare											

Cod.

Tabelul 8.21 (continuare)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
86,2		19	G 00	1 000							
	95	20			45 400						
81	50,5	21		−5 200							
		22	G 01		−44 500						
82		23	G 00	1 000							
	95	24			44 500						
77		25		−5 000							
	72,5	26	G 01		−22 500						
81	65,5	27		4 000	−7 000						
	95	28	G 00		29 500						
73		29		−8 000							
	72,5	30	G 01		−22 500						
74		31	G 00	1 000							
	95	32			22 500						
69		33		− 000							
69	72,5	34	G 01		−22 500						
70		35	G 00	1 000							
	95	36			22 500						
66,5		37		−3 500							
	72,5	38	G 01		−22 500						
		39	G 00	500 000							M 90
		40			1500 000						M 90

Cod. ISO	PROGRAM CODIFICAT	Fila 2	Nr. fîle 3	Program nr. 103 − 1 − 1D

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	11	12	13
			PRINDEREA 1 – STRUNJIREA									
		Pornire turaţii, schimbare sculă			92					245		
X	X	Deplasarea punctului de referinţă			Ø 126,52 r 63,26							4800
X		Poziţionarea cu avans de lucru									0,114	28
X	X	Strunjire conică			Ø 130 r 65		2,74 1		97,33 100			
X		Strunjire longitudinală					1		100			
	X	Strunjire plană			Ø 149,54 r 74,77				100 115			
X	X	Strunjire conică			Ø 160 r 80				115 123			
X		Strunjire longitudinală							123			
	X	Strunjire plană			Ø 166,52 r 83,26				123 128			
X	X	Strunjire conică			Ø 170 r 85				128 130			
X	X	Retragerea în punctul de referinţă										
	X	Retragere în punctul de referinţă										
		Sfîrşit de program cu rebobinare										

Tabelul 8.21 (continuare)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PIESA DE PROBĂ NR. 1 – 103 – 1											
DE FINISARE – GAMA 3											
		%									
		:42	G 00						S 07	TO 303	M03 M06 M 12
63,26	95	43									M 91
		44									
	92	45	G 01		–3 000			F 49			
65	90,26	46		1 740	–1 740						
	72	47			–18 260						
74,77		48		9 770							
80	63,11	49		5 230	–8 890						
	50	50			–13 110						
83,26		51		3 200							
85	48,26	52		1 740	–1 740						
		53	G00		1 500 000						M 90
		54		500 000							M 90
		55									M 30

Cod ISO	PROGRAM CODIFICAT	Fila nr. 1	Nr. fila 1	Program nr. 103 – 1 – 1 F.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					PIESA DE							
					PRINDEREA 2 – STRUNJIREA							
										175		
		Pornire turaţii schimbare sculă										4800
X	X	Deplasarea punctului de referinţă			Ø 178 r 89	92						
	X	Poziţionare			Ø 188 r 94							
X		Poziţionare										
	X	Strunjire plan frontal			Ø 52 r 26		2		98/33		0,20	355
X		Poziţionare										4800
	X	Poziţionare			Ø 188 r 94							
X		Poziţionare cu avans de lucru					1			245		
	X	Strunjire plan front			Ø 52 r 26				137/46		0,115	28
X		Retragere pentru indexare										4800
	X	Retragere pentru indexare										
		Schimbarea sculei										
X		Prelucrarea diferenţei dintre scule										
	X	Prelucrarea diferenţei dintre scule										
X		Poziţionare								175		
	X	Poziţionare			Ø 173 r 86,5					175		4800
X		Poziţionare										
X		Strunjire long.			Ø 173 r 86,5		2,5		95		0,406	71
	X	Poziţionare			Ø 176 r 88							4800
X		Poziţionare										

Tabelul 8.21 (continuare)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PROBĂ NR. 1 – 103 – 1 DE DEGROȘARE – GAMA – 3											
		%									
		:56	G 00						S 06	TO 101	M03 M06 M12
100	102	57									M 91
94		58		–6 000							
	90	59			–12 000						
26		60	G 01	–68 000				F 51			
	91	61	G 00		1 000						
94		62		68 000							
	89	63	G 01		–2 000				S 07		M 12
26		64		–68 000				F 49			
	4800	65	G 00		303 000						
100	392	66		74 000							
		67								TO 202	M 06
	392	68			–10 000						
100		69		14 000							
	102	70			–290000				S 06		M 03 M 12
86,5	102	71		–13 500							
	92	72			–10 000						
	41	73	G 01		–51 000			F 57			
88		74	G 00	1 500							
	92	75			51 000						

Se preiau dif. dintre seule ce nu pot fi luate de comutatoarele de comandă

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	X	Poziționare			Ø 163 r 81,5							
							5		89,6		0,406	71
X		Strunjire longitudinală										4800
	X	Poziționare			Ø 166 r 83							
X		Poziționare										
	X	Poziționare			ø 154 r 77							
							4,5		84,6		0,406	71
X		Strunjire longitudinală										4800
	X	Retragere			Ø 160 r 80							
X		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 146 r 73							
							4		80,23		0,406	71
X		Strunjire longitudinală										4800
	X	Retragere			Ø 150 r 75							
X		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 138 r 69							
							4			175	0,40 6	71
X		Strunjire longitudinală			Ø 138 r 69							
	X	Retragere			Ø 140 r 70							
X		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 132 r 66							
X		Strunjire longitudinală					3		72,5		0,406	71
X	X	Strunjire contur Cerc			Ø 160 r 80				72,5 87,9		0,286	50
	X	Strunjire plană			Ø 164 r 82				87,9 90		0,360	63
X		Retragere în punctul de referință										4800
	X	Retragere în punctul de referință										
		Sfîrșit program cu rebobinare										

Tabelul 8.21 (continuare)

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		81,5		76		−6 500							
0,406	71		67,6	77	G 01		−24 400						
	4800	83		78	G 00	1 500							
			92	79			24 400						
		77		80		−6 000							
0,406	71		73	81	G 01		−19 000						
	4800	80		82	G 00	3 000							
			92	83			19 000						
		73		84		−7 000							
	71		77	85	G 01		−18 000						
		75		86	G 00	2 000							
			92	87			18 000						
	71	69		88		−6 000							
		69	77	89	G 01		−15 000						
		70		90	G 00	1 000							
			92	91			15 000						
		66		92		−4 000							
0,406	71		84,5	93	G 01		−7 500						
0,286	50	80	70,5	94	G 02	14 000	−14 000	14 000		F 54			
0,360	63	82		95	G 01	2 000				F 56			
	4800			96	G 00		1 500 000						M 90
				97		500 000							M 90
													M 30

Cod. 150	PROGRAM CODIFICAT	Fila nr. 2	Nr. file 3	Program nr. 103 − 1 − 2 D

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			PRINDEREA 2 – STRUNJIREA									
		Schimbare turație + sculă								245		
X	X	Deplasarea punctul de referință			Ø 126,52 r 63,26							4800
X		Poziționare cu avans de lucru									0,114	28
X	X	Strunjire conică			Ø 130 r 65		2,5 1		97,33 / 100		0,114	
X		Strunjire longitudinală					1		100		0,102	28
X	X	Strunjire pe cerc			Ø159,2 r 79,6		1		100 122,4		0,102	
	X	Strunjire plană			Ø 160 r 80		0,5		123,08		0,102	
X		Strunjire longitudinală					1		123,08		0,102	
	X	Strunjire plană			Ø 166,12 r 83,26		0,5		123,08 128,1		0,102	
X	X	Strunjire conică			Ø 170 r 85		2,5 / 1		128,1 30,8		0,102	
X		Strunjire longitudinală					1		38,0		0,120	
	X	Retragere pentru indexare			Ø 200 r 100							4800
X		Retragere pentru indexare										
		Schimbare sculă										
X		Prelucrarea diferenței dintre scule			Ø 200 r 100							
X		Poziționare								62,3		
	X	Poziționare			Ø 169,2 r 84,6							
X		Filetare					0,4		33,09		2	124,6
	X	Retragere			Ø 179,2 r 89,6							4800
X		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 168,6 r 84,3							

Tabelul 8.21 (continuare)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PIESA DE PROBĂ NR. 1. – 103 – 1 DE FINISARE – (GAMA 3) + FILETARE											
		%							S 07	TO 303	M03 M06 M 12
		:98	G 00								
63,26	92	99									M 91
	89	101	G 01		–3 000			F 49			
65	87,26	102		1 740	–1 740						
	84,6	103			–2 660			F 48			
79,6	70	104	G 02	14 600	–14 600	14 600					
80		105	G 01	400							
	67	106			–3 000						
83,26		107		3 260							
	65,26	108		1 740	–1 740						
	41	109			–24 260						
100		110	G 00	15 000							
	392	111			351 000						
		112								TO404	M 06
100	397	113			–12 000	Prelucrarea diferenței dintre scule					
	82	114			– 315 000				S 03		M 12
84,6		115		–15 400							
	37	116	G 33		–45 000		2000				
89,6		117	G 00	5 000							
	82	118			45 000						
84,3		119		–5 300							

Tabelul 8.21 (continuare)

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	37	120	G 33		−45 000		2 000				
89,3		121	G 00	5 000							
	82	122			45 000						
84,1		123		−5 200							
	37	124	G 33		−45 000		2 000				
89,1		125	G 00	5 000							
	82	126			45 000				S 05		M 12
84		127		−5 100							
	37	128	G 33		−45 000		2 000				
89		129	G 00	5 000							
	82	130			45 000						
83,92		131		− 5080							
	37	132	G 33		−45 000		2 000				
100		133	G 00	16 080							
	129	134			92 000						
86		135		−14 000							
		136								TO 400	M 06
		137									M 92
		138									M 30

Cod. ISO	PROGRAM CODIFICAT	Fila nr. 1	Nr. file 3	Program nr. 103 — 1 — 2 F

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X		Filetare					0,3		33,09		2	124,6
	X	Retragere			Ø 178,6 r 89,3							4800
X		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 168,2 r 84,1		0,2					
X		Filetare					0,2		33,08		2	124,6
	X	Retragere			Ø 178,2 r 89,1							4800
X		Poziționare								125		
	X	Poziționare			Ø 168 r 84							
X		Filetare					0,1		65,94		2	124,6
	X	Retragere			Ø 178 r 89							4800
		Poziționare										
	X	Poziționare			Ø 167,84 r 83,92							
X		Filetare			Ø 167,80 r 83,92		0,08		65,94	125	2	250
	X	Retragere			Ø 200 r 100							
X		Retragere										
	X	Poziționare			Ø 172 r 86							
		Anulare conc. sculă										
X	X	Retragere în punctul de funcționare										

6. Să se prelucreze arborele în trepte din figura 8.29 pe strungul paralel cu comandă numerică SP 630-NC.

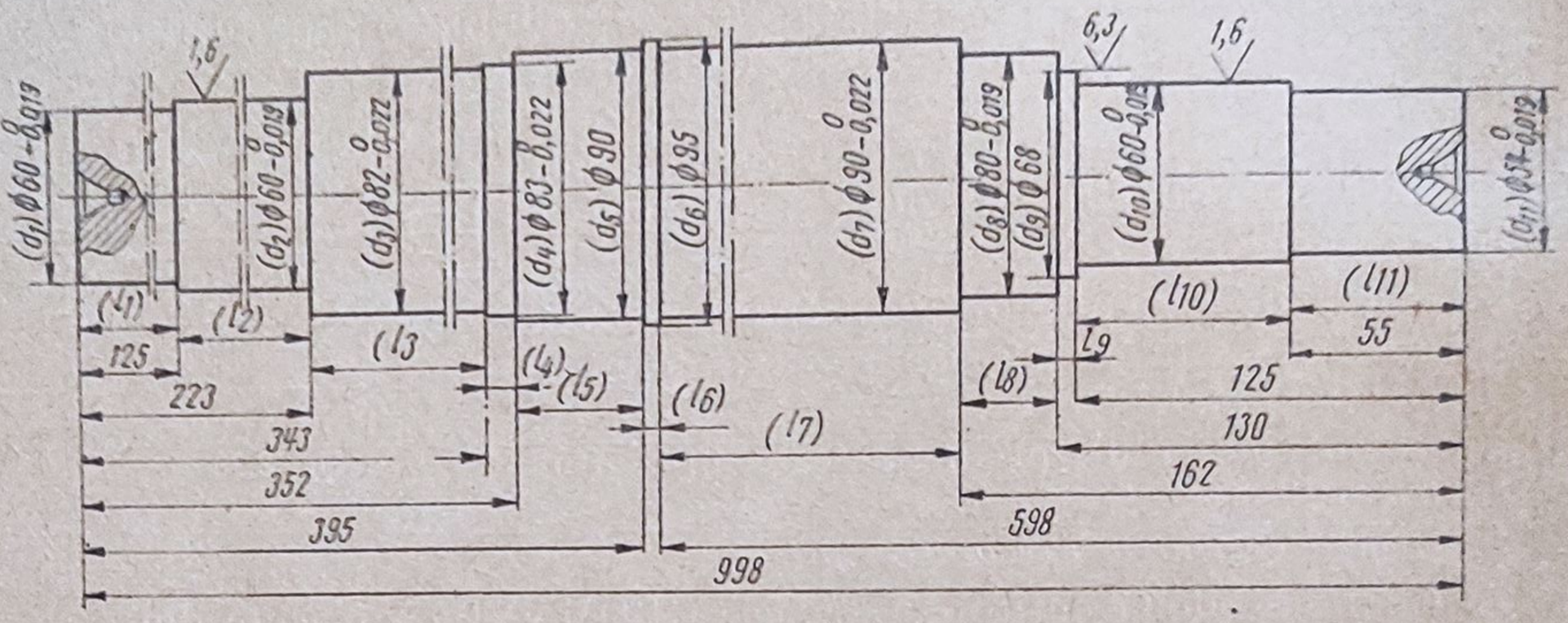


Fig. 8.29

a) Caracteristicile tehnice principale ale mașinii sînt următoarele:
Diametrul maxim de prelucrare:
— peste ghidajele batiului ... 630 mm;
— peste sania suportului de lucru...340 mm;
— cursa longitudinală...1 000 mm;
— cursa transversală...400 mm;
— numărul gamelor de turații...5;
— numărul treptelor cutiei de viteză...8;
— numărul treptelor cutiei de avans...16.
Valorile turațiilor și avansurilor strungului sînt trecute în tabelul 8.22.

Tabelul 8.22

Valorile turațiilor normale și ale avansurilor longitudinale și transversale la SP. 630—NC

Turații		Avansuri	
Cod	Valoare* $\left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right]$	Cod	Valoare $\left[\frac{\text{m.m}}{\text{rot}}\right]$
S 01	33,15	F 01	0,019
S 02	47,744	F 02	0,026
S 03	66,84	F 03	0,037
S 04	93,1	F 04	0,051
S 05	134,267	F 05	0,076
S 06	181,1548	F 06	0,105
S 07	260,691	F 07	0,149
S 08	351,821	F 08	0,206
S 09	522,435	F 09	0,289
S 10	704,962	F 10	0,399
S 11	1 014,622	F 11	0,569
S 12	1 368,33	F 12	0,783
		F 13	1,162
		F 14	1,603
		F 15	2,282
		F 16	3,144

* În funcție de gama de turații valorile reale pot diferi de valorile date cu ± 5%

Echipamentul de comandă numerică Sinumerik 230 realizează poziționarea și prelucrarea liniară după două axe sau prelucrarea unor suprafețe de revoluție curbe prin introducerea dispozitivului de copiat după program.

Originea sistemului de coordonate, este conformă schiței din figura 8.30.

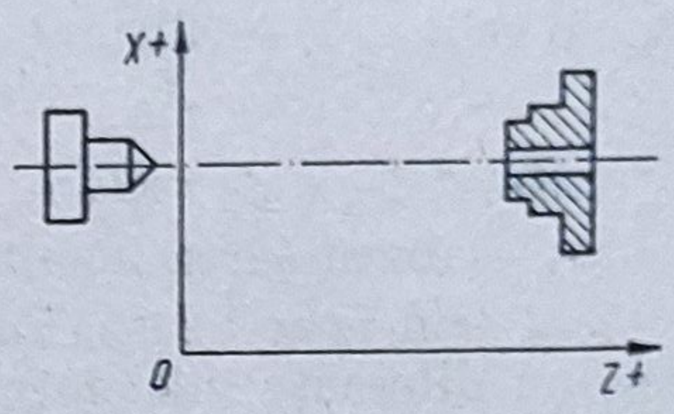


Fig. 8.30

Poziția sculei în raport cu sistemul de coordonate al mașinii-unelte este dată de traductoare de poziție analogice absolute.

Puterea de rezoluție de poziționare pe axa transversală este de 5 μm, iar pe axa longitudinală de 10 μm.

Desenul piesei de prelucrat este prezentat în figura 8.29.

b) *Sculele pentru executarea piesei*

Se folosesc două cuțite de strung COROMANT cu plăcuțe din carburi metalice aplicate mecanic.

Port-sculele și sculele sînt fixate pe fețe opuse ale capului revolver, simetric în raport cu axa de rotație a capului revolver.

c) Traseul fiecărui cuțit este prezentat în desenul de prelucrare după program, pentru prinderea 1 și a 2-a a piesei.

Pentru eboș s-a folosit un cuțit lateral cu plăcuță triunghiulară P20, iar pentru finisare un cuțit de colț cu plăcuță P20.

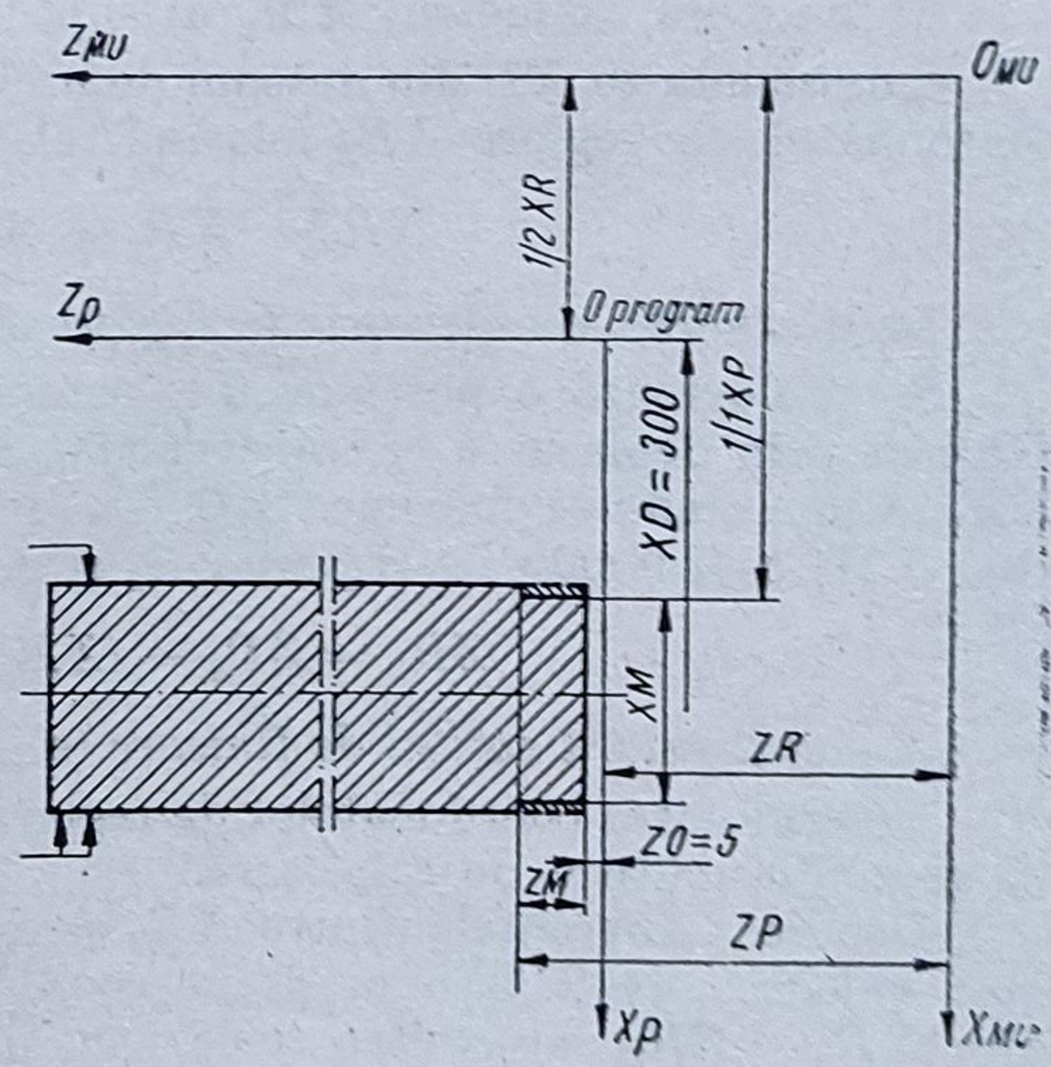


Fig. 8.31

d) *Reglajul sculelor la cotă*

Se determină coordonatele de reglare $X_R = X_P + X_M - X_D$ și $Z_R = Z_P - (Z_M + Z_D)$ — pentru fiecare sculă, în sistemul de coordonate absolute prin prelucrarea convențională a unor diametre și a unor lungimi după cum se arată în figura 8.31, folosindu-se următoarele notații:

X_P, în mm — dublul distanței dintre axa Z_{MU} a sistemului de axe al mașinii-unelte și diametrul care s-a prelucrat;

X_M, în mm — valoarea precisă a diametrului prelucrat;

X_D, în mm — dublul cotei dintre axa piesei și axa Z_p a sistemului de axe al programului;

Z_P, în mm — distanța dintre axa X_{MU} a sistemului de axe al mașinii-unelte și suprafața frontală prelucrată convențional;

Z_{MU}, în mm — distanța dintre suprafața frontală prelucrată și baza frontală de măsurare a piesei;

Z_D, în mm — distanța dintre baza frontală de măsurare a piesei și axa X_p a sistemului de axe a programului.

Z_P, în mm — distanța dintre axa X_{MU} al sistemului de axe al mașinii-unelte și suprafața frontală prelucrată convențional;

Z_M, în mm — distanța dintre suprafața frontală prelucrată și baza frontală de măsurare a piesei;

Z_D, în mm — distanța dintre baza frontală de măsurare a piesei și axa X_p a sistemului de axe al programului.

Metodologia de reglare

— Determinarea coordonatelor de reglare se face pentru fiecare sculă.

— Sculele se fixează simetric în raport cu axa de rotație a capului revolver, cu diferențe mici între coordonatele de reglare, care să nu depășească 19,98 mm, pentru a putea fi compensate de comutatoarele de corecție de sculă.

Reglajul cuțitului de degroșare (scula 2, *fig.* 8.32, *a* și 8.33, *a)*

Determinarea coordonatei de reglare XR_2

Se prelucrează o porțiune din semifabricat prin deplasarea longitudinală a sculei. Tot prin deplasare longitudinală (în sens invers) se retrage scula pînă iese din semifabricat. Se determină astfel XP_2.

Se măsoară diametrul XM_2 al suprafeței prelucrate.

Cunoscîndu-se XD din desenul de prelucrare după program, se determină coordonatele de reglare XR_2 folosind relația:

$$XR_2 = XP_2 + MD_2 - XD.$$

Determinarea coordonatei de reglare ZR_2

Se prelucrează o porțiune din semifabricat. Se retrage scula din semifabricat prin deplasarea ei transversală. Se determină ZP_2. Se măsoară cota ZM_2. Cunoscîndu-se mărimea ZD din desenul de prelucrare după program (fig. 8.31) coordonata de reglare ZR_2 rezultă din relația:

$$ZR_2 = ZP_2 - (ZM_2 + ZD).$$

Reglajul pentru cuțitul de finisare (scula 4, fig. 8.32, *b* și 8.33, *b*).

Determinarea coordonatelor de reglare XR_4 și ZR_4 se face în mod analog ca și pentru cuțitul de degroșare.

Deoarece diferențele dintre XR_2 și XR_4, respectiv ZR_2 și ZR_4 nu depășesc valoarea de 9,99 mm, drept coordonate pentru originea mobilă s-au ales XR_2 și ZR_2, iar pentru sculă s-au introdus următoarele corecții:

$$CX_4 = XR_4 - XR_2$$

$$CZ_4 = ZR_4 - ZR_2$$

Piesa se prelucrează în două prinderi (fig. 8.32 și 8.33). Pentru prima prindere s-au înregistrat pe comutatoarele panoului NC:

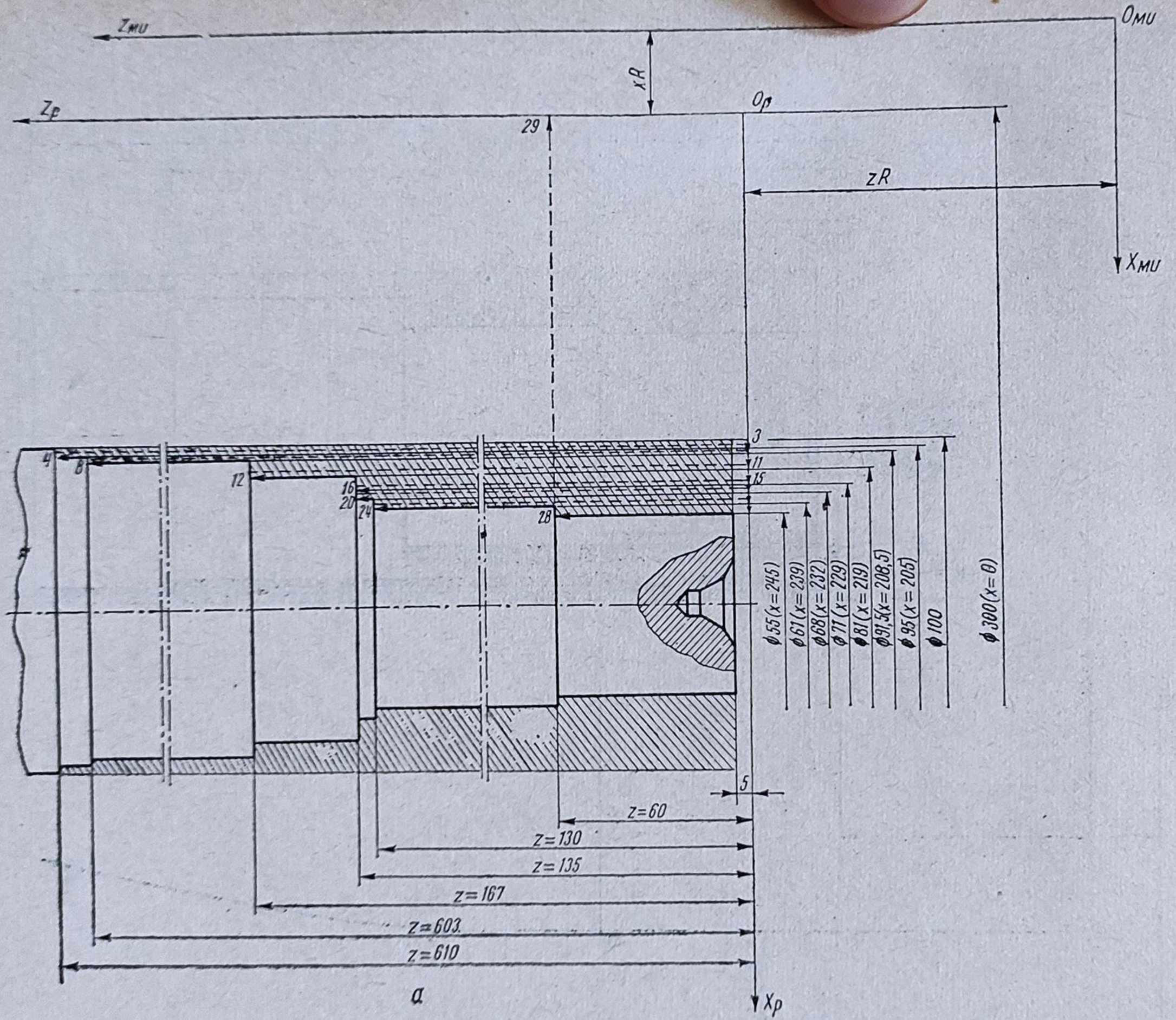
— pe comutatoarele de origine mobilă XR_r și ZR_2;

— pe comutatoarele de corecție pentru scula 2:

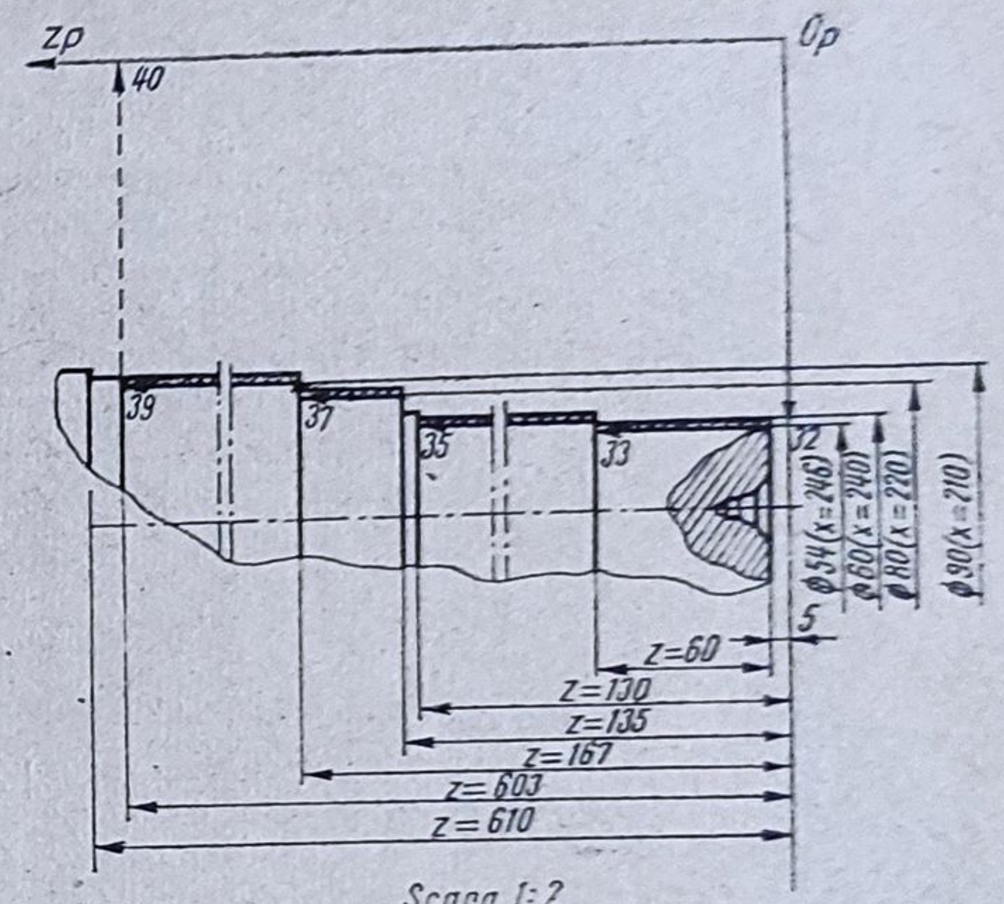
$$CX_2 = 0; \quad CZ_2 = 0$$

— pe comutatoarele de corecție pentru scula 4:

$$CX_4 \text{ și } CZ_4.$$



a



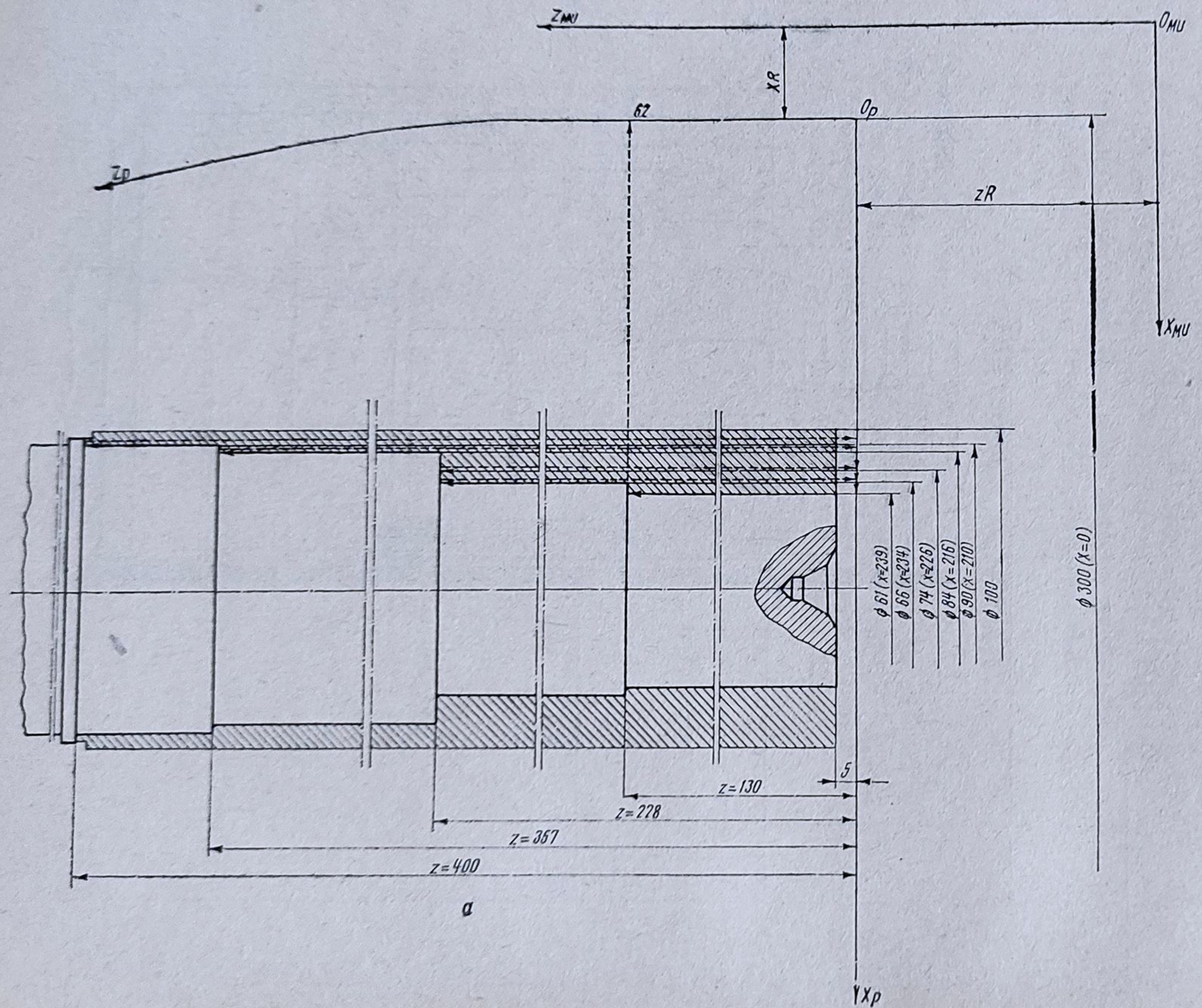
Scara 1:2

b

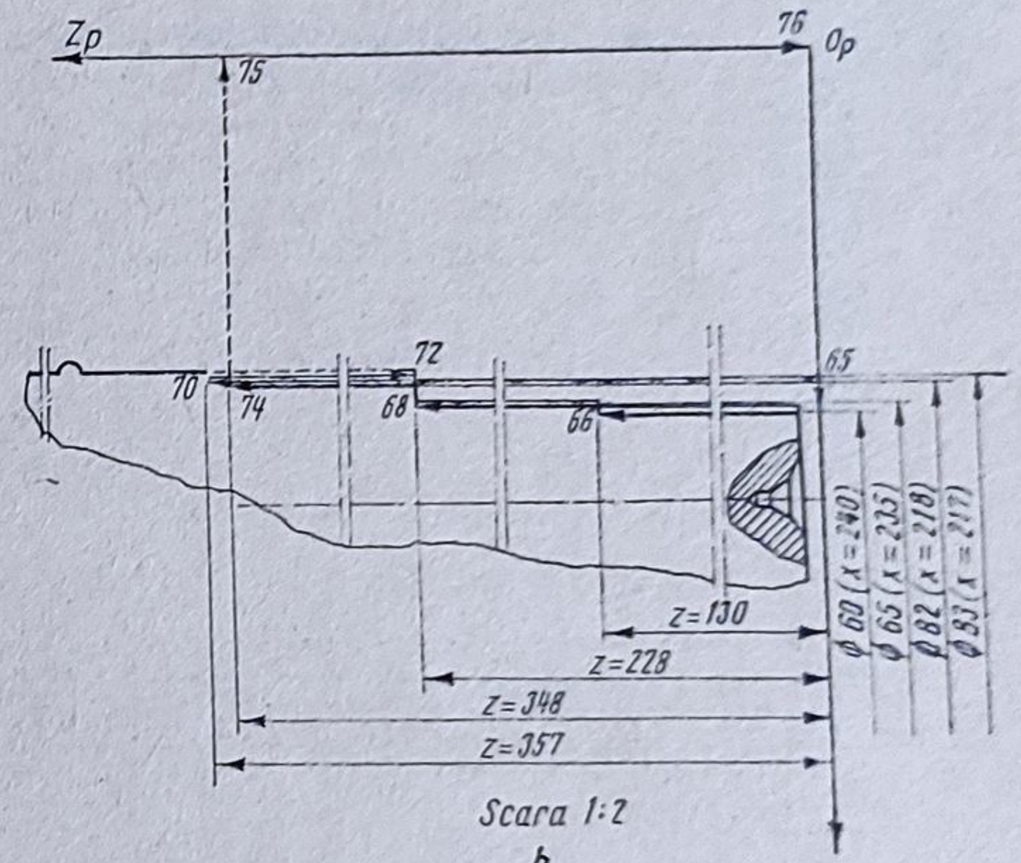
Fig. 8.32

Notă

x = 205	Cote înscrise pe bandă
⟶	Așchiere cu avans de lucru
- - →	Poziționare cu avans rapid
⟶ 12	Mod de notare al numărului de fază efectuată
X_R, Z_R	Cote de reglare a originii programului față de originea mașinii unelte Omu
Xp, Op Zp	Sistemul de coordonate al programului
Xmu Omu Zmu	Sistemul de coordonate al mașinii unelte



a



Scara 1:2

b

Notă

x=210	Cote înscrise pe bandă
——→	Așchiere cu avans de lucru
- - - →	Poziționare cu avans rapid
——→ 61	Mod de notare al numărului de fază efectuată
X_R, Z_R	Cote de reglare a originii programului față de originea mașinii-unelte
$X_p O_p Z_p$	Sistemul de coordonate al programului
$X_{MU} O_{MU} Z_{MU}$	Sistemul de coordonate al mașinii-unelte

Fig. 8.33

După prelucrarea completă a unui capăt al piesei se întoarce piesa și se determină noile coordonate de reglaj ZR'_2 și ZR'_4, deoarece s-a modificat suprafața frontală de măsurare. Nu s-au determinat coordonatele de reglare XR_2 și XR_4 deoarece se folosesc aceleași scule și aceeași bază de măsurare a coordonatelor X (aceeași cotă XD pentru program).

Pentru această prindere, situația comutatorilor este următoarea:

— pe comutatoarele pentru originea mobilă XR_2, ZR'_2;

— pe comutatoarele de corecție pentru scula 2: $CX_2 = 0$, $CZ_2 = 0$;

— pe comutatoarele de corecție pentru scula 4: $CX_4 = XR_4 - XR_2$ și $CZ'_4 = RC'_4 - CR'_2$.

e) Fișa tehnologică a piesei de prelucrat cu operațiile de lucru este prezentată în figura 8.32.

f) Pe baza datelor cuprinse în fișa tehnologică se întocmește programul codificat prezentat în formularele constituite în acest scop (tab. 8.23 și 8.24).

g) Cu ajutorul programului codificat se întocmesc benzile perforate pe baza codului ISO. Conținutul benzii perforate, sub formă simbolică, este prezentat în fișa corespunzătoare.

Tabelul 8.23

Program codificat pentru prelucrarea piesei (fig. 8.29). Regim de aşchiere

Program necodificat		Desen nr: Piesă omologare 1	Material		Programat			Program nr.
		Denumire piesă:	Maşina U	FV 500 NC	Verificat			
Întreprinderea		Arbore în trepte	Echipament NC	NUMEROM 211-3	Aprobat			Fila nr. 1 / Nr. file 6

	Faza de prelucrare	Scula folosită	Cote despre sculă: Diametru (mm)	Lungime (mm)	Nr. dinţi	Nr. frază din program	Condiţii de cursă	Coordonată programată: X (max. 9999,999) sau Z(max. 9999,99)	Avans: (mm/rot)	(mm/min	(mm/dinte	Turaţia [rot/min]	Poziţie sculă în cap revolver	Informaţii auxiliare	Observaţii
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Strunjire de degroşare (prinderea 1)	Cuţit lateral coromant cu plăcuţă triunghiulară aplicată mecanic				1	Poziţionare grosolană	X = 0	R						R = avans rapid
						2		Z = 0	R				2		
						3	Poziţionare precisă corecţie 2	X = 205	R						
						4	Poziţionare precisă	Z = 610	0,206			351		Gama III	Roţile de schimb pentru gama III
						5		X = 203	R						
						6	Poziţionare grosolană	Z = 0	R						
						7	Poziţionare precisă	X = 208,5	R						

						8	Poziţionare precisă	Z = 603	0,206										
						9		X = 206	R										
						10	Poziţionare grosolană	Z = 0	R										
						11	Poziţionare precisă	X = 219	R										
						12		Z = 167	0,206			522							
						13		X = 217	R										
						14	Poziţionare grosolană	Z = 0	R										
						15	Poziţionare precisă	X = 229	R										
						16		Z = 135	0,206										
						17		X = 227	R										
						18	Poziţionare grosolană	Z = 0	R										
						19	Poziţionare precisă	X = 232	R										
						20		Z = 135	0,206										
						21		X = 230	R										
						22	Poziţionare grosolană	Z = 0	R										
						23	Poziţionare precisă	X = 239	R										

Tabelul 8.23 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
						24	Poziţionare precisă	Z = 130	0,206						
						25		X = 237	R						
						26	Poziţionare grosolană	Z = 0	R						
						27	Poziţionare precisă	X = 245	R						
						28		Z = 60	0,206						
						29	Poziţionare grosolană	X = 0	R			0			Retragerea sculei în punctul de indexare
						30	Poziţionare precisă	Z = 300	R					Oprire	indexare
						31	Poziţionare precisă Corecţie sc.4	Z = 0	R				4	program	indexarea sculei
2	Strunjire de finisare prinderea 1	Cuţit de colţ Coromant				32	Poziţionare precisă	X = 246	R						
						33		Z = 60	0,037			705		gama III	
						34		X = 240	0,037						
						35		Z = 130	0,037						
						36		X = 220	R						

								220	R										

							37		Z = 167	0,037									
							38	Poziționare precisă	X = 210	0,037									
							39		Z = 603	0,037									
							40		X = 0	R								Retragerea sculei în origine. Sfîrșitul prelucrării pentru prinderea 1. Întoarcerea freză principală	
							41	Poziționare grosolană	Z = 0	R				0		Oprire program			
							42		X = 0	R									
							43	Poziț. grosol. Corecție sc. 2	Z = 0	R				2					
3	Strunjirea de degroșare	Cuțit lateral Coromant					44	Poziționare precisă	X = 210	R									
	prinderea 2						45		Z = 400	0,206				351		gama III			
							46		X = 208	R									
							47		Z = 0	R									
							48		X = 216	R									
							49		Z = 357	0,206				522					
							50		X = 214	R									
							51	Poziționare grosolană	Z = 0	R									
							52	Poziționare precisă	X = 226	R									

Tabelul 8.23 (continuare)

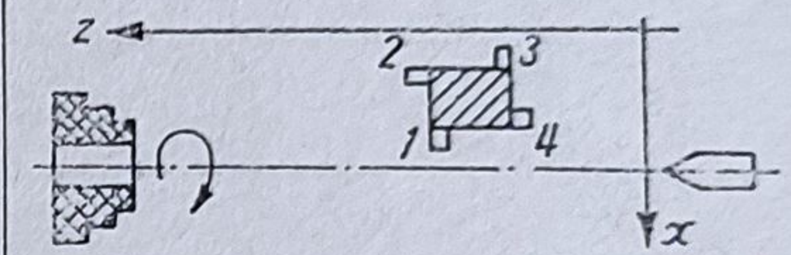
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
						53	Poziţionare precisă	Z = 228	0,206						
						54		X = 224	R						
						55	Poziţionare grosolană	Z = 0	R						
						56	Poziţionare precisă	X = 234	R						
						57		Z = 228	0,206						
						58		X = 232	R						
						59	Poziţionare grosolană	Z = 0	R						
						60	Poziţionare precisă	X = 239	R						
						61		Z = 130	0,206						
						62	Poziţionare grosolană	X = 0	R						Retragerea sculei la locul de indexare
						63		Z = 300	R						

						64	Poziţ. precisă Corecţie scula 4	Z = 0	R				4	oprire program	Indexarea sculei
						65	Poziţionare precisă	X = 240	R						
4	Strunjire de finisare prinderea 2	Cuţit de colţ				66	Poziţionare precisă	Z = 130	0,037			705		gama III	
						67		X = 235	0,037						
						68		Z = 228	0,037						
						69		X = 217	R						
						70		Z = 357	0,037			522			
						71		X = 215	R						
						72		Z = 225	R						
						73		X = 218	R						
						74		Z = 348	0,037						
						75		X = 0	R						
						76		Z = 0	R			0	1	Sfîrşit de program	Cu reînfăşurarea benzii

Tabelul 8.24

Program codificat pentru prelucrarea piesei (fig. 8.29)

Program listat	Desen nr.	Material		Programat			Program nr.	
		Mașina U	SP 630 NC	Verificat				
Întreprinderea	Denumirea piesă:	Echipament NC	NUMEROM 211-3				Fila nr. 2	Nr. file 5
		Cod de perforare	I.S.O.	Aprobat				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Observații	% : I N 0 0 0	Tab. G 0 0 / G 0 1 / G 0 2 / G 0 3 / G 0 4	Tab. G 6 0 / G 6 2 / G 6 5 / G 6 7	Tab. G 9 0 / G 9 1 / G 9 2 / G 9 3	Tab. X 0 0 0 0 0, 0 0 0 / Z 0 0 0 0 0, 0 0 0	Tab. F 0 0	Tab. S 0 0	Tab. T 0 0	Tab. M 1 1 / M 1 2 / M 1 3 / M 1 4 / M 1 5	Tab. M 1 0 / M 2 0 / ... / M 9 9	Tab. M 0 8	Tab. M 0 0 / M 0 1 / M 0 2 / M 9 0	LF
	N 0 1 6				Z 0 1 3 5 0 0	F 0 8							LF
	N 0 1 7				X 0 2 2 7 0 0 0	F 9 9							LF
	N 0 1 8		G 6 2		Z 0 0 0 0 0 0								LF
	N 0 1 9				X 0 2 3 2 0 0 0								LF
	N 0 2 0				Z 0 1 3 5 0 0	F 0 8							LF
	N 0 2 1				X 0 2 3 0 0 0 0	F 9 9							LF
	N 0 2 2		G 6 2		Z 0 0 0 0 0 0								LF
	N 0 2 3		G 6 0		X 0 2 3 9 0 0 0								LF
	N 0 2 4				Z 0 1 3 0 0 0	F 0 8							LF
	N 0 2 5				X 0 2 3 7 0 0 0	F 9 9							LF
	N 0 2 6		G 6 2		Z 0 0 0 0 0 0								LF
	N 0 2 7		G 6 0		X 0 2 4 5 0 0 0								LF
	N 0 2 8				Z 0 0 6 0 0 0	F 0 8							LF
	N 0 2 9		G 6 2		X 0 0 0 0 0 0 0	F 9 9	S 0 0						LF
	N 0 3 0				Z 0 3 0 0 0 0								LF
	N 0 3 1	G 0 4			Z 0 0 0 0 0 0							M 0 0	LF
	N 0 3 2				X 0 2 4 6 0 0 0	F 9 9							LF

```
N033                                                Z006000    F03  S10        M13                                                
```

Tabelul 8.24 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	N062		G62		X0000000	F99							LF
	N063		G60		Z0300000								LF
	N064	G04			Z0000000			T04				M00	LF
	N065				X0240000	F99							LF
	N066				Z0130000	F03	S10		M13				LF
	N067				X0235000								LF
	N068				Z0228000								LF
	N069				X0217000	F99							LF
	N070				Z0357000	F03	S09						LF
	N071				X0215000	F99							LF
	N072		G60		Z0225000								LF
	N073				X0218000								LF
	N074				Z0348000	F03							LF
	N075		G60		X0000000	F99							LF
	N076		G60		Z0000000		S00	T01					LF
												M30	LF

BIBLIOGRAFIE

1) Anders, A. A. *Tehnologiia mehaniceskoi obrabotki*. Moskva, Maşghiz, 1959
2) Blume, J. *Statistische Methoden für Ingenieure und Naturwissenschaftler*. Düsseldorf (RFG), VDI — Verlag GMBH, 1970
3) Botez, E., Dorin, Al. *Tehnologia programării numerice a mașinilor-unelte*, București, Ed. tehnică, 1973
4) Coman, Gh. *Tehnologia construcției mașinilor-unelte*. Rotaprint, Inst. polit, Iași, 1976
5) Coman, Gh. ș.a. *Probleme actuale ale finisării și suprafinisării suprafețelor pieselor de mașini*. Vol. I și II. București, INID, 1973
6) Ciocîrdia, C. *Tehnologia fabricației mașinilor agricole*. București, Ed. didactică și pedagogică, 1966
7) Ciocîrdia, C. și Zgură, Gh. *Tehnologia prelucrării carcaselor*. București, Ed. tehnică, 1975
8) Danilevski, V. *Manufacturing Engineering*. Moskow, Mir, 1973
9) Demianiuk, F. S. *Bazele tehnologice ale producției în flux și automatizate*. București, Ed. tehnică, 1962
10) Drăghici, G. *Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcția de mașini*. București, Ed. tehnică, 1971
11) Drăghici, G. *Tehnologia construcției de mașini*. Rotaprint, Universitatea-Brașov, 1975
12) Duckworth, W. E. *Méthodes statistiques de la recherche technologique*. Paris, Dunod, 1973
13) Dunaev, P. F. *Lanțuri de dimensiuni*. București, Ed. tehnică, 1958
14) Enache, St. *Calitatea suprafețelor prelucrate*. București, Ed. tehnică, 1966
15) Gavrilaș, I. și Voicu, N., *Tehnologia pieselor tip arbore, bucșă și disc pe mașini-unelte clasice și cu comandă program*. București, Ed. tehnică, 1975
16) Gavrilov, A. N. ș.a. *Tocinost proizvodstva v mașinostroenii i priborostroenii*. Moskva, Mașinostroenie, 1973
17) Ionuț, V. și Petriceanu, Gh.. *Tehnologia construcției de utilaj pentru prelucrări la cald*. Rotaprint. Inst, polit. Cluj-Napoca, 1971
18) Juran, J. M. și Gryna, F. M.. *Calitatea produselor*. București, Ed. tehnică, 1973
19) Kaflikievicz, A., Müller, G., *Prelucrarea carcaselor pe mașini de găurit în coordonate cu comandă numerică*. București, ODPT — MICM, 1969
20) Larrieu Jean. *Le contrôle statistique de la qualité*. Paris, Dunod, 1963
21) Lăzărescu, D. I. *Toleranțe, ajustaje, calibre*. București, Ed. tehnică, 1963
22) Lăzărescu, D. I. ș.a. *Cotarea funcțională și cotarea tehnologică*. București, Ed. tehnică, 1973
23) Maynard, H. B. *Manual de inginerie industrială*., Vol. I, București, Ed. tehnică, 1975
24) Newman, G. D. și Larock, E. B., *Engineering Fundamentals*. New York, Wilei-interscience, 1970
25) Opitz, H. ș.a. *Moderne Produktionstechnik*. Essen, (RFG, Girardet, 1971)
26) Owen, D. B. *Handbook of Statistical Tables*, Massachusetts (SUA), Addison-Wesley Publishing Company Inc, Reading, 1962

27) Petit, G. *Principes des cotations fonctionnelles*. Paris, Ed. Masson et Cie, 1967
28) Petriceanu, Gh. *Tehnologia construcției de mașini*. Rotaprint. Inst. polit. Cluj-Napoca, 1969
29) Petriceanu, Gh. ș.a. *Tehnologia construcției de mașini. Îndrumător pentru proiectarea proceselor tehnologice pe strunguri automate*. Rotaprint, Inst. polit. Cluj-Napoca, 1971
30) Picoș, C. *Tehnologia construcției de mașini*. București, Ed. didactică și pedagogică, 1974
31) Picoș, C. ș.a. *Tehnologia construcției de mașini. Regimuri de așchiere*. Vol I și II. Rotaprint, Inst. polit. Iași, 1970
32) Picoș, C. ș.a. *Calculul adaosurilor de prelucrare și al regimurilor de așchiere în construcția de mașini*, București, Ed. tehnică, 1974
33) Picoș, C. ș.a. *Tehnologia construcției mașinilor-unelte*. Rotaprint, Inst. polit. Iași, 1970
34) Picoș, C. ș.a. *Precizia filetării prin strunjire*. În „Mașini-unelte și prelucrarea metalelor prin așchiere". București, Nr. 11/noiembrie 1973
35) Popovici, C. ș.a. *Tehnologia construcției de mașini*. București, Ed. didactică și pedagogică 1967,
36) Pruteanu, O. *Contribuții privind influența regimului de așchiere asupra rugozității de suprafață la prelucrarea prin rectificare a unor oțeluri aliate*. Teză de doctorat, Inst. polit. Iași, 1975
37) Rancu, N. și Tövissi, L. *Statistică matematică cu aplicații în producție*. București, Ed. Academiei RPR, 1963
38) Simon, W. *Conducerea numerică a mașinilor-unelte*. București, Ed. tehnică, 1967
39) Tîrpe, Gh. *Precizia prelucrării prin așchiere*. București, Ed. tehnică, 1972
40) Thiel, H. *Vorrichtungen*. München, Carl Hanser, 1971
41) Ventsel, H. *Théorie des probabilités*, Moscou, MIR, 1973
42) Voss, Egon. *Industriebetriebslehre für Ingenieure*. München, Carl Hanser, 1973
43) Wayne, R. Moore. *Foundations of Mechanical accuracy*. Laussanne (Elveția), Ed. Microtehnic-Scriptar Ltd, 1971
44) Weill, Roland *Techniques d'usinage*. Paris, Dunod, 1971
45) Witte, Horst *Werkzeugmaschinen. Kurz und bünding*. Würzburg (RFG), Vogel, 1972
46) * * * *Manualul inginerului mecanic. Tehnologia construcției de mașini*. București, Ed. tehnică, 1972
47) * * * *Programieren von NC-Werkzeugmaschinen Steuerungstechnic*. Krausskopf Verlag (RFG).

Plan editură 5459. Tiraj 8500+80 ex. legate 1/2.
Coli de tipar 25+12 planșe. Bun de tipar 16.11.1976.
Apărut 1976.

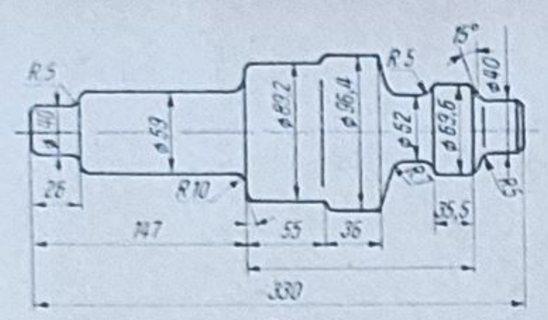
Tiparul executat sub comanda
nr. 330 la
Intreprinderea Poligrafică
„13 Decembrie 1918"
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
București
Republica Socialistă România

Lot 10,20

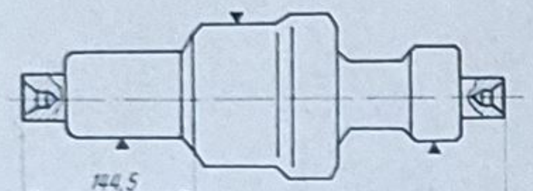
Planșa 5.4

DESENE PENTRU TABELUL 5.4

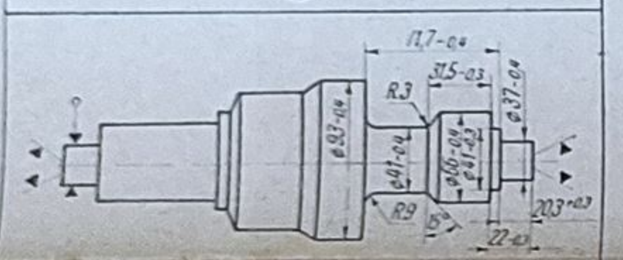
- Toate cotele se vor menține cu o precizie de ±2
- Înclinațiile de matrițare neindicate sînt de 7°
- Razele mici neindicate sînt de R=3



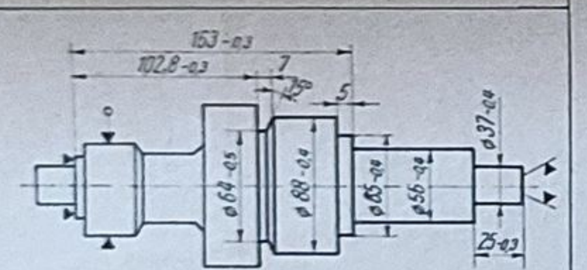
1



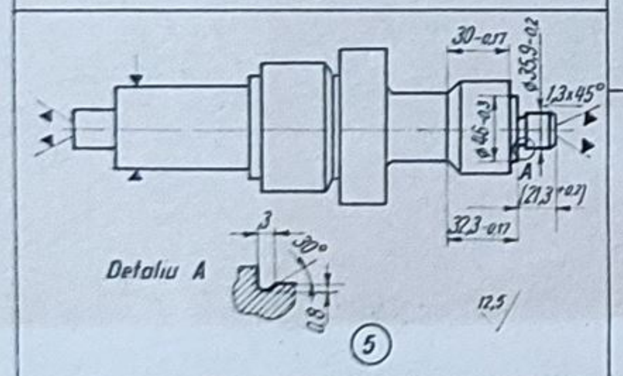
2



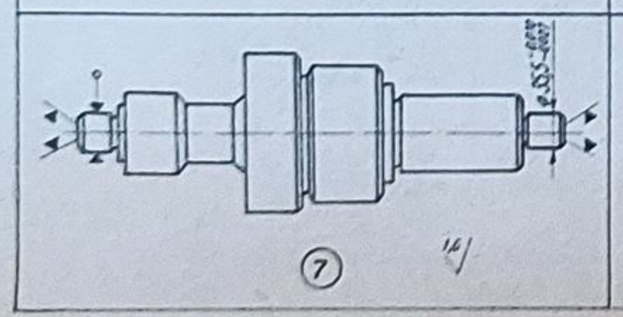
3



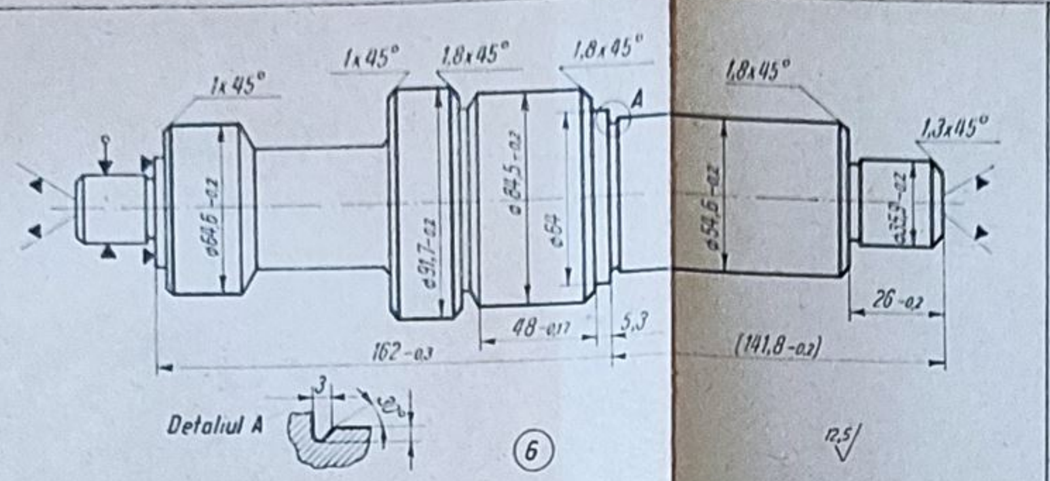
4



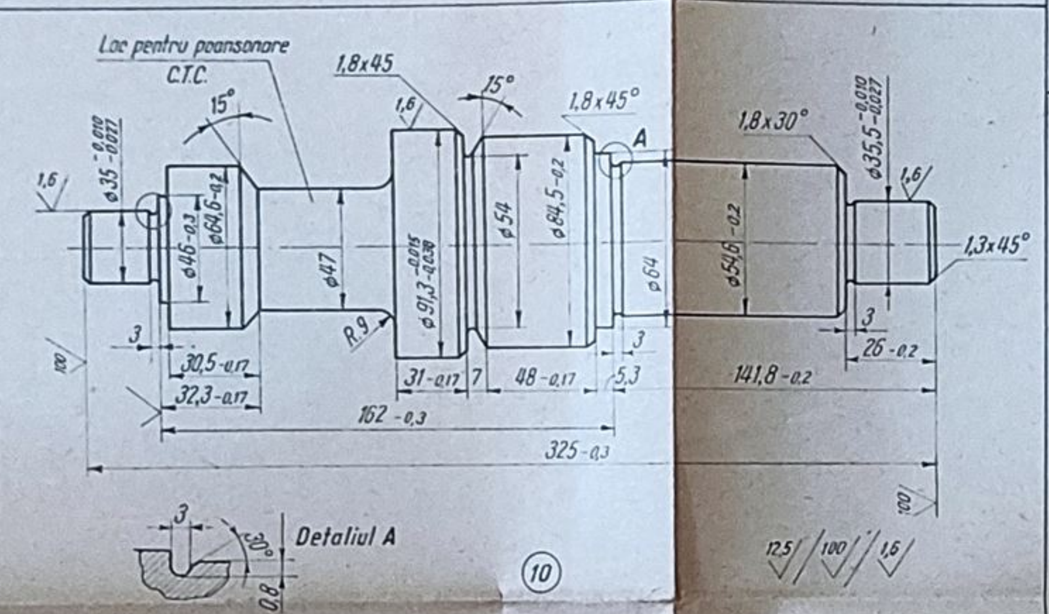
5



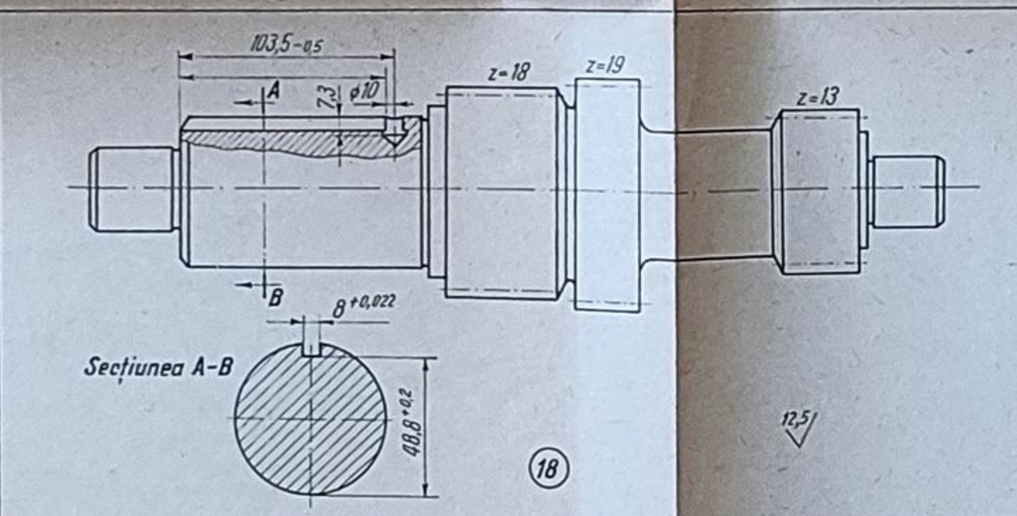
7



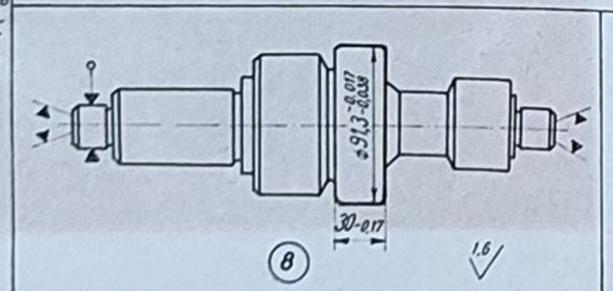
6



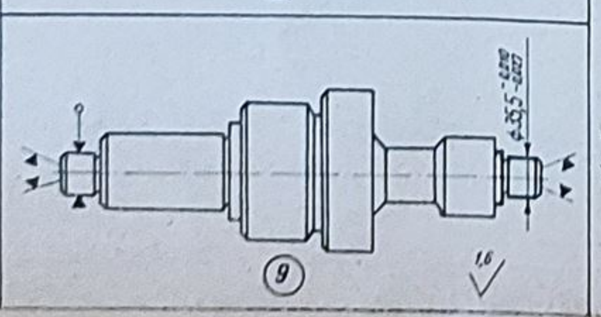
10



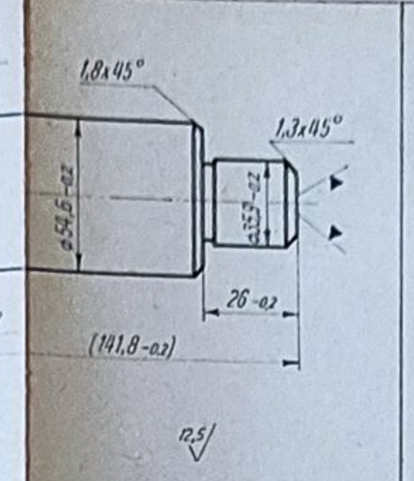
18

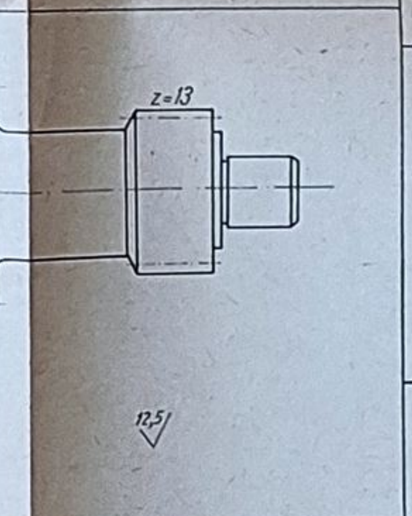


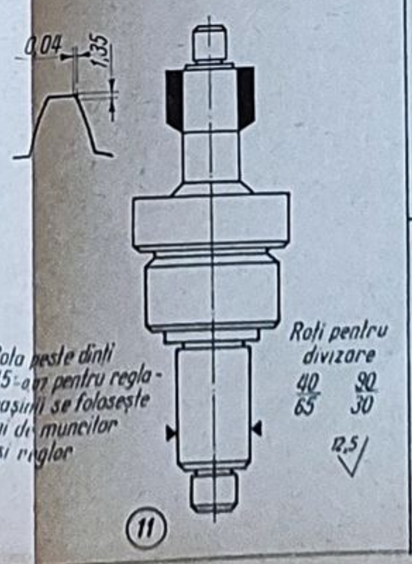
8



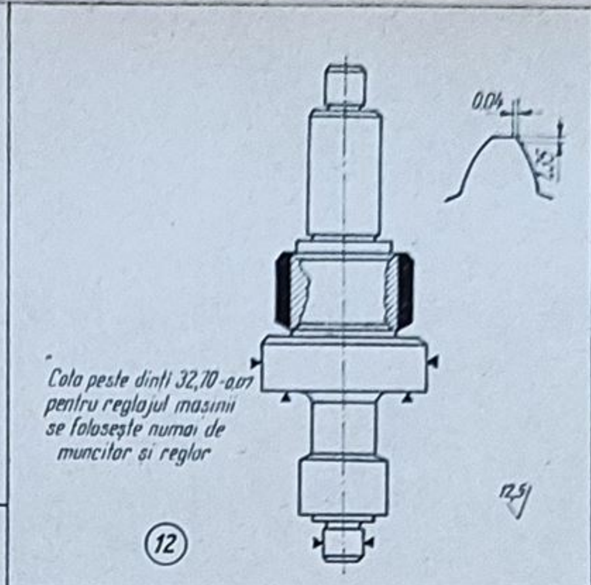
9



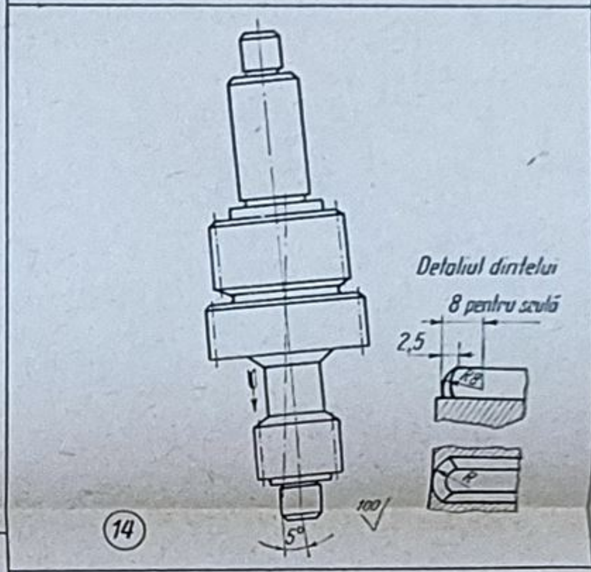




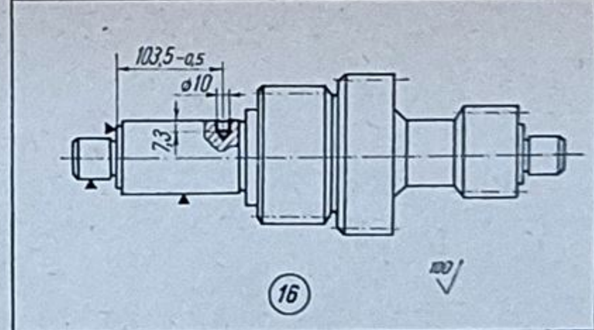
11



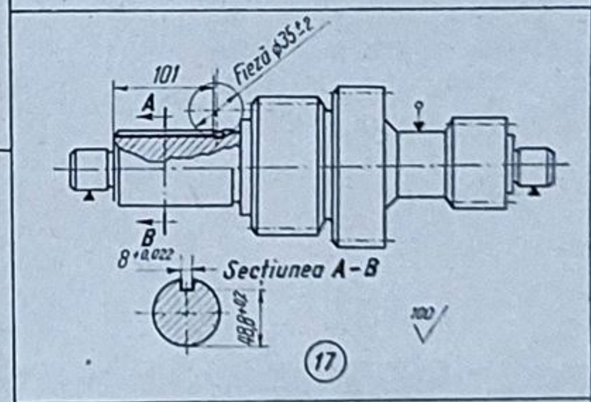
12



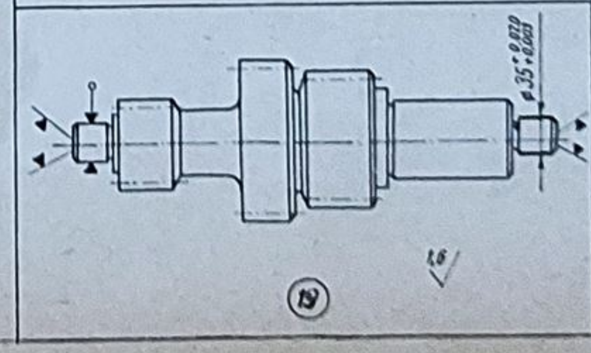
14



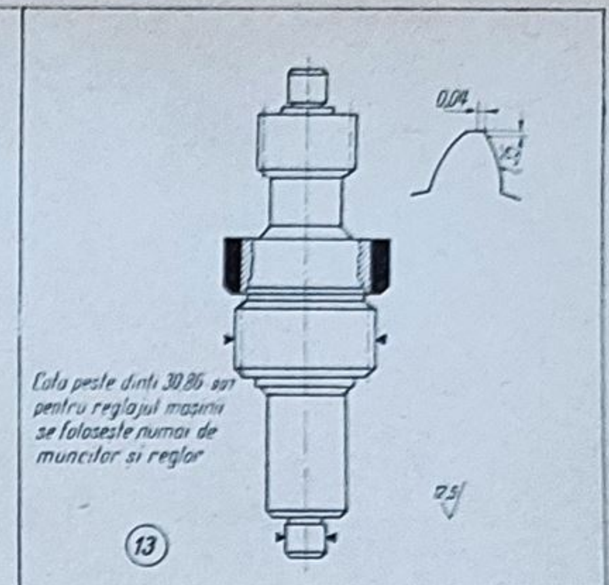
16



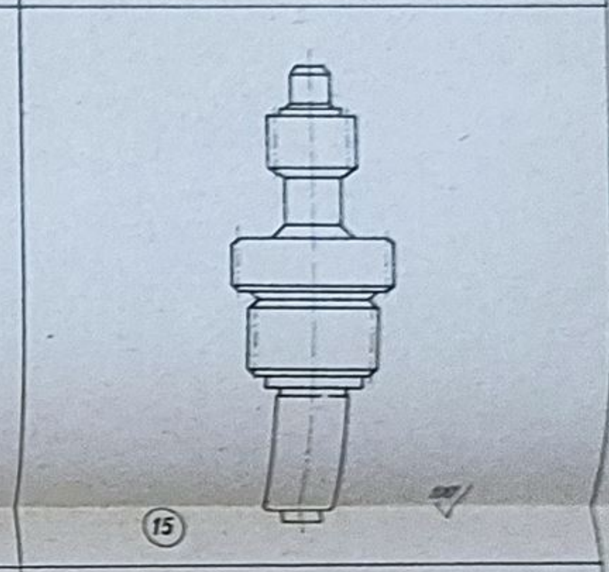
17



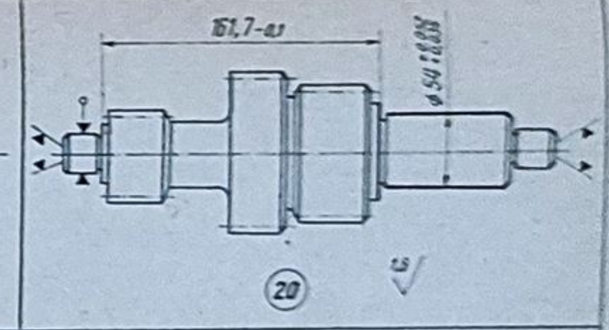
19



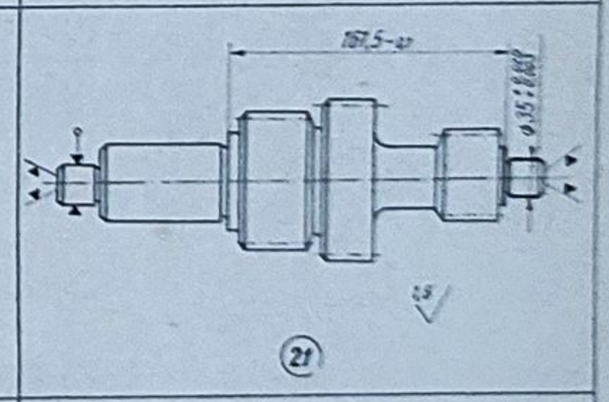
13



15



20



21